

ROYAUME DU MAROC

INSTITUT AGRONOMIQUE ET VETERINAIRE HASSAN II



Mémoire du troisième cycle pour l'obtention du
Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Rural

Option : Irrigation et Maîtrise de l'eau

**SUIVI DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DU TADLA EN VUE
DE DETERMINER LEURS PERFORMANCES DANS
L'UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES**

Présenté et soutenu publiquement par :

KWELDE

Devant le jury composé de :

Président :	Pr. BOUAZIZ A.	DAAP/IAV Hassan II
Rapporteur :	Pr. HAMMANI A.	DGR/IAV Hassan II
Co-rapporteur :	Dr. KUPER M.	DGR/IAV/CIRAD
Examineur :	M. BELLOUTI A.	SEDA/DDA/ORMVAT
Examineur :	M. SAAF M.	DGRID/ORMVAT

Juillet 2006



A l'Eternel mon Berger, je dédie le fruit de ce travail :

A ma chère Epouse KWELDE Suzane

Confidente et conseillère de tout temps, je ne peux ignorer les efforts et encouragements de la merveilleuse compagne qui est l'artisane arrière de ce travail. J'ai toujours trouvé en toi, l'énergie, l'inspiration et l'ardeur du travail pendant ces deux années d'études aux contacts hautement significatifs et continus, malgré l'éloignement. Puisse l'Eternel t'accorder sa Grâce et te combler de bonheur, de santé et de succès.

Mon adorable KWELDE Kavengueh Nadège

Tu n'as jamais cessé d'être présente dans mon esprit pendant ces années d'études. Tu ne peux imaginer souvent l'effet salutaire qu'ont procuré à mon endroit et dans cet environnement de travail, tes sourires et interjections lointains, mais combien si touchants et profonds. Que la Grâce de DIEU soit avec toi.

A mon Père GANAVA Badaï

En reconnaissance de tous les efforts consentis pour mon éducation et mon instruction, tes vertus d'honorabilité et de respectabilité ont toujours émaillé mon esprit. Que l'Eternel t'accorde santé et clairvoyance.

A ma Maman, DIDJA Dite Goldefer

Tu n'as pas toujours été si proche pour me procurer toute l'attention et la tendresse maternelles. Mais au fond de moi, une mère est toujours irremplaçable.

A Monsieur PATAYA Lalao Dénis

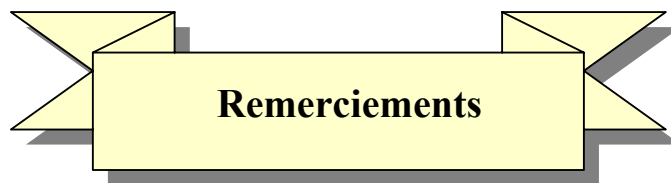
A l'image de la confiance que tu as placée en moi et de tes encouragements et soutiens pendant ces années, restes pour moi un modèle d'honnêteté et de bravoure.

A ma grand-mère Bourghaï Madeleine

Tes sages conseils resteront toujours gravés dans mon esprit. Paix à ton âme.

A mes collègues de la 6ème année CRESA et GR, mes compagnons Marocains et Etrangers résidant au Maroc, pour les précieux et inoubliables moments passés ensemble au Royaume.

A toutes les personnes qui m'ont soutenus et qui me sont chères, que ce mémoire soit à l'image de notre lien sincère et de mon plus profond respect.



Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens tout particulièrement à exprimer toute ma gratitude au Dr. HAMMANI Ali, pour son encadrement, ses encouragements et ses précieux conseils dans le suivi de ce travail ainsi que la confiance qu'il a placée en moi. Merci pour vos observations et appuis multiformes. Je vous prie de trouver ici l'expression de ma très haute considération.

Je tiens également à remercier Dr. Marcel KUPER (chercheur CIRAD) pour ses lumineux conseils et ses efforts inlassables d'encadrement tout au long de ce travail. Je vous exprime ici toute ma gratitude et mon estime.

Ma gratitude va à l'endroit de tous les enseignants du département de Génie Rural de l'IAV Hassan II, pour avoir assuré cette formation. Leur remarquable accessibilité et clairvoyance me laissent sans voix.

Spécialement au Pr. BARTALI El Houssine, Coordonnateur du programme CRESA, pour son encadrement, la promptitude de ses sollicitations et son appui pour assurer ma formation et rendre mon séjour agréable au Maroc.

A tous les responsables de l'ORMVA du Tadla et en particulier à MM. BELLOUTI A., SAAF M., FARHI M., RAMI, Koubri et Mme BELLOUTI F. pour leur disponibilité et appuis pour faciliter les sorties sur le terrain et les rencontres avec les exploitants.

Je ne saurais oublier dans cette rubrique M. ETTAQY J.; sans ses efforts inlassables d'interprétariat, ce travail n'aurait vu le jour. Le travail d'équipe mené avec lui m'a permis de connaître le Maroc profond et d'apprécier son sens élevé d'hospitalité : « Choukrane » et « Baraka Allah fik ».

Tous mes remerciements aux différents chauffeurs qui ont vécu des durs moments de terrain pendant ce travail, et en particulier à M. EZZIDI M.

Comment oublier les quatorze exploitants qui sont le socle même de ce travail. Eux qui ont sacrifié de leur temps, angoisse et préoccupations pour participer à ce travail. Tous mes remerciements pour leur magnanimité inestimable, leur accueil chaleureux et l'atmosphère convivial sur le terrain : « Laï hlif ».

RESUME

Le périmètre du Tadla comprend deux sous périmètres hydrauliquement indépendants, situés de part et d'autre de l'Oued Oum Er Rbia: le Béni Amir et le Béni Moussa. L'ensemble du périmètre couvre une superficie irriguée de 125 600 ha. La plaine du Tadla se caractérise aussi par de multiples travaux de recherches et d'études dans des domaines aussi variés les uns que les autres.

Dans le cadre de cette étude sur les performances des exploitations en matière d'utilisation des eaux souterraines, un suivi continu s'est fait auprès de quatorze exploitations diversement réparties sur l'ensemble du périmètre (Béni Amir, Béni Moussa Est et Béni Moussa Ouest). L'utilisation de l'eau souterraine n'est pas en marge de l'eau de surface. En raison des différents modes d'utilisation de l'eau souterraine ou de ses combinaisons à l'eau de surface dans la production agricole, quatre types d'exploitations se distinguent ; allant de celles n'ayant pas accès à l'eau souterraine à celles qui en utilisent presque exclusivement. La présente étude se propose de montrer que l'accès à la ressource eau souterraine est un facteur de distinction entre les exploitations. Cet accès, permet d'accroître le rendement de certaines cultures, à travers les performances agronomiques et agro-économiques des types d'exploitations en rapport avec leur mode d'utilisation des eaux souterraines.

Comparativement à l'eau du réseau qui vaut 0,24 Dh/m³, le coût moyen de l'eau pompée reste élevé à 0,75 Dh/m³. Malgré ce coût élevé, les exploitants sont loin d'être découragés, compte tenu de nombreux avantages que procure le « pompage privé », si le revenu le permet. Ce qui justifie l'accroissement des puits et forages, à côté de l'insuffisance de l'eau du réseau d'irrigation, de la rareté et des irrégularités des pluies.

L'accès à l'eau souterraine contribue à accroître le rendement de la luzerne de près de 10%, plus de 81% pour l'olivier et 87% pour le blé tendre. Les contributions de l'eau souterraine dans les rendements des cultures varient en fonction des cultures et du mode d'utilisation ou de combinaison de l'eau souterraine et de l'eau de surface. La contribution moyenne de l'eau souterraine utilisée à hauteur de 30 à 50% par rapport à l'eau du réseau est estimée à 39% dans le rendement du blé tendre, 52% dans le rendement de la luzerne, 51% dans celui du niora et 35% dans celui de l'oignon. Utilisée en proportion approximativement égale à celle de l'eau du réseau, la contribution moyenne de l'eau souterraine dans le rendement du blé tendre est estimé à 39%, à 86% dans la luzerne et 44% dans l'olivier. Lorsque la proportion d'eau souterraine utilisée est supérieure à 70% par rapport à l'eau du réseau, la contribution moyenne de l'eau souterraine est estimée à 53% dans le rendement du blé tendre, 70% dans celui de la luzerne et 67% de l'olivier.

Mots clés :

Contribution de l'eau, eau souterraine, eau de surface, performances, périmètre irrigué, pompage privé, utilisation conjointe, utilisation des eaux souterraines, exploitations, Tadla.

ABSTRACT

The Tadla irrigated perimeter is composed of two sub-perimeters which are hydraulically independent from each part of the stream Oum Er Rbia: the Beni Amir and the Beni Moussa. The whole perimeter covers an irrigated area of 125 600 ha. Many research and studies in various domains characterized were developed in the Tadla area.

The present study on the performances of Tadla farm-holdings in groundwater use is made by a continuous follow up of fourteen farm-holdings dispatched all over the irrigated perimeter (Beni Amir, East Beni Moussa and West Beni Moussa). The groundwater use is not separated from the surface water. Due to different groundwater use methods or its link to the surface water for the crop's yield, four types of farm-holdings have been distinguished; ranging from those that have no access to groundwater to those that use it exclusively. The present study aims to show that the groundwater access is a factor of differentiation between farm-holdings. This access contributes to increase crop yields through agronomic and agro-economic performances of farm-holdings types in touch with their groundwater use mode.

The average pumping cost, which is about 0.75 Dh/m³, remains high compared to of the surface water (0.24 Dh/m³). In spite of this high cost and if the income allows, farmers are far away to be discouraged, compared to the advantages obtained by "private pumping". This situation justifies, near the rain scarcity and unevenness, the well and boring's growth.

The groundwater access contributes to increase the alfalfa yield up to 10%, more than 81% for the olive tree and more than 87% for the wheat. The groundwater contributions in crop's yields differ from crops and from ground water and surface water use methods. The average contribution of the groundwater use at 30 to 50% rate compared to the water network is estimated at 39% in the yield of wheat, 52% in the yield of alfalfa, 51% in the yield of niora and 35% in onion's yield. Used in an approximate ratio with the water surface, the average contribution of groundwater in the wheat's yield is estimated at 39%, at 86% in alfalfa yield and 44% in olive tree. While the use rate of groundwater is more than 70% compared to the network water, the contribution of the groundwater is estimated to 53% for the wheat yield, 70% for the alfalfa yield and 67% for the olive tree yield.

Key words:

Water contribution, groundwater, surface water, performances, irrigated perimeter, private pumping, conjunctive use, groundwater use, farm-holdings, Tadla.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX	I
LISTE DES FIGURES.....	III
LISTE DES ABREVIATIONS	I
INTRODUCTION GENERALE	1
1. Introduction	1
2. Problématique et objectifs.....	3
3. Méthodologie de travail.....	5
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	6
CHAPITRE 1 : SYSTEMES AQUIFERES DU TADLA	6
1. Introduction	6
3. Nappe du Primaire	7
4. Nappe Cénomanién.....	7
5. Nappe du Turonien	8
6. Nappe du Sénonien	8
7. Nappe de l'Eocène.....	8
8. Nappe du Mio-Plio-Quaternaire (Nappe phréatique).....	9
9. Conclusion	10
CHAPITRE 2 : SITUATION DE LA RESSOURCE EN EAUX SOUTERRAINES DANS LE PERIMETRE DU TADLA.....	11
1. Introduction	11
2. Généralités sur la ressource eau souterraine	11
3. Historique de la ressource eau souterraine dans le Tadla.....	13
4. Salinité de la nappe	14
5. Niveau piézométrique	15
6. Contraintes liées à l'utilisation de la ressource en eaux souterraines	15
7. Qualité des eaux souterraines	16
8. Conclusion	17
CHAPITRE 3 : UTILISATION DE LA RESSOURCE EAU SOUTERRAINE	18
1. Introduction	18
2. Cadre incitatif.....	18
3. Evolution des eaux souterraines à l'échelle des exploitations	18
3.1 Historique du pompage	18
3.2 Situation des puits et forages dans le Tadla	20
3.3 Evolution actuelle du pompage	22
4. Modes d'utilisation des eaux souterraines.....	22
4.1 Utilisation exclusive des eaux souterraines	23
4.2 Utilisation combinée des eaux souterraines et des eaux de surface.....	24
4.3 D'autres usages de l'eau souterraine	24
5. Contraintes liées à l'utilisation de la ressource eau souterraine.....	24
6. Implications socio-économiques de l'exploitation des eaux souterraines	25
7. Impacts du pompage sur la qualité des sols et de l'eau	25
7.1 Impacts du pompage sur la salinité des sols	26
7.2 Impacts du pompage sur la qualité des eaux.....	26
8. Conclusion	27
CHAPITRE 4 : GESTION DE L'EAU DANS LE TADLA	28
1. Introduction	28

2. Acteurs impliqués dans la gestion de l'eau à l'échelle du périmètre.....	28
3. Cadre juridique et institutionnel	30
4. Contraintes liées à la gestion de l'eau d'irrigation.....	30
5. Réglementations en matière d'eau	31
5.1 Tarification de l'eau	31
5.2 Evolution de la tarification de l'eau	31
6. Productivité de l'eau.....	32
6.1 Etude des cas.....	33
6.2 Amélioration de la productivité de l'eau	34
7. Conclusion	35
DEUXIEME PARTIE : PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE	36
CHAPITRE 1 : METHODOLOGIE DE TRAVAIL	36
1. Introduction	36
2. Choix des exploitations.....	36
2.1 Critères de choix des exploitations de l'étude	37
2.2 Classification de l'échantillon enquêté des exploitations agricoles.....	37
3. Méthodes et matériels.....	38
3.1 Méthodes.....	38
3.2 Matériels de travail.....	38
4. Approche de suivi des exploitations	38
4.1 Collecte des données	39
4.2 Vérification et estimation des mesures	40
4.3 Analyse	40
5. Conclusion	40
CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES DES EXPLOITATIONS.....	41
1. Introduction	41
2. Cadre de l'étude	41
3. Structuration et fonctionnement des exploitations enquêtées.....	42
3.1 Structure familiale	42
3.2 Environnement socio économique des exploitations	42
4. Typologie des exploitations	43
4.1 Critères de choix des exploitations.....	43
4.2 Classification des exploitations	44
5. Description de la production agricole	45
5.1 Production végétale et assolements	45
5.2 Estimation de la production laitière	50
5.3 Main d'œuvre.....	50
6. Conclusion	51
CHAPITRE 3 : DISPOSITIFS ET TECHNIQUES DE POMPAGE	53
1. Introduction	53
2. Environnement autour du pompage	53
2.1 Facteurs incitatifs du pompage.....	53
2.2 Techniques d'exploitation des eaux souterraines.....	54
3. Conclusion	62
CHAPITRE 3 : EVALUATION DU COUT DE L'EAU POMPEE.....	63
1. Introduction	63
2. Détermination des volumes d'eau pompée	63
2.1 Mesures des débits de pompage	63
2.2 Classification des exploitations en fonction du volume d'eau pompée.....	66
2. Calcul des coûts de pompage	66
2.1. Coûts fixes (amortissements)	67
2.2 Coûts variables	69

2.3 Coût total de pompage	71
2.4 Classification en fonction du coût de l'eau pompée	72
2.5 Relation entre le coût de pompage et le volume pompé	73
3. Conclusion	75
CHAPITRE 4 : ANALYSE DES PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS	76
1 Introduction.....	76
2 Contexte de l'analyse.....	76
3 Identification des critères de performances.....	76
3.1 Performances agronomiques	77
3.2 Performances agro-économiques	83
4. Facteurs incitants à l'utilisation des ressources souterraines	89
5. Conclusion	90
CHAPITRE 5 : ETUDE DE LA SENSIBILITE DES COUTS DU M³ POMPE	92
1. Introduction	92
2. Effets de la variation des paramètres.....	92
2.1 Effet de la variation d'un seul paramètre	93
2.2. Sensibilité de l'effet de la variation de plusieurs paramètres	95
2.3. Combinaison simultanée de deux paramètres	95
2.3 Effet de la combinaison de la variation simultanée de trois facteurs.....	101
3. Conclusion	104
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	105
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	108
ANNEXE 1: PRESENTATION DU PERIMETRE.....	110
ANNEXE 2 : Typologie de classification des exploitations.....	127
ANNEXE 3 : Calendriers des irrigations et de pompage	128
ANNEXE 4 : Données météorologiques (Station Ouled Gnaou)	145
ANNEXE 5 : Fiche d'enquête des exploitations.....	146

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Puits et forages fonctionnels dans le Tadla</i> -----	20
<i>Tableau 2 : Evolution du nombre de puits autorisés dans les Béni Amir (ORMVAT, 2001)</i> -----	21
<i>Tableau 3 : Répartition des puits au niveau des CDA des Béni Amir</i> -----	21
<i>Tableau 4 : Représentativité de la taille des exploitations suivies</i> -----	43
<i>Tableau 5 : Occupation des sols par différentes cultures</i> -----	46
<i>Tableau 6 : Occupation moyennes des sols par types d'exploitations et par type de cultures</i> -----	46
<i>Tableau 7 : Comparaison des rendements des cultures entre les types d'exploitations</i> -----	47
<i>Tableau 8 : Rendement des cultures (t/ha)</i> -----	49
<i>Tableau 9 : Principales contraintes liées à la gestion du réseau d'irrigation</i> -----	49
<i>Tableau 10 : Principales contraintes rencontrées par les exploitants</i> -----	50
<i>Le tableau 11 ci-dessous, présente les dimensions des puits et forages pour chaque type d'exploitation.</i> -----	56
<i>Tableau 11 : Dimensions des puits et forages</i> -----	56
<i>Tableau 12: Hauteur géométrique des différents ouvrages de pompage</i> -----	57
<i>Tableau 13 : Caractéristiques du dispositif de pompage</i> -----	62
<i>Tableau 14 : Volume total d'eau pompée au courant de l'année</i> -----	64
<i>Tableau 15 : Volume d'eau fournie par le réseau au courant de l'année</i> -----	66
<i>Tableau 16: Valeur nette actualisée (VNA) d'un moteur</i> -----	68
<i>Tableau 17 : Récapitulatif des coûts d'équipements de pompage</i> -----	69
<i>Tableau 18 : Amortissements et valeurs nettes actualisées des immobilisations</i> -----	70
<i>Tableau 19 : Coûts de fonctionnement des exploitations (charges variables)</i> -----	71
<i>Tableau 20 : Coût total de pompage du volume d'eau pompée par chaque exploitation</i> -----	71
<i>Tableau 21 : Coût du m³ d'eau pompée</i> -----	72
<i>Tableau 22 : Performances des exploitations par rapport aux ressources en eau utilisée</i> -----	74
<i>Tableau 23 : Contribution des ressources en eau dans le rendement des cultures par rapport à leur volume</i> ---	77
<i>Tableau 24 : Contributions des ressources en eau dans les rendements des cultures par rapport à leur coût</i> ---	84
<i>Tableau 25 : Effet de variation d'un seul paramètre sur le coût moyen du m³ d'eau pompée</i> -----	93
<i>Tableau 26: Effet de la variation de deux paramètres sur le coût moyen du m³ d'eau pompée</i> -----	96
<i>Tableau 27: Variation simultanée de trois de paramètres sur le coût moyen du m³ d'eau pompée</i> -----	101
<i>Tableau 28: Récapitulatif des variations du m³ d'eau pompée en fonction de différentes hypothèses</i> -----	103
<i>Tableau 29 : Données météorologiques de la station Ouled Gnaou</i> -----	112
<i>Tableau 30 : Aménagements hydro agricoles du périmètre du Tadla (année 2005)</i> -----	119
<i>Tableau 31: Dimensions moyennes de la Robta pour quelques cultures</i> -----	122
<i>Tableau 31 : Temps moyen d'arrosage dans les périmètres du Tadla</i> -----	124
<i>Tableau 32 : Calendriers des irrigations</i> -----	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Répartition des agriculteurs mélangeant l'eau de puits à l'eau du réseau.....	22
Figure 2 : Schéma répartition spatiale des dispositifs de captage fonctionnels et des agriculteurs (Béni Amir 2001-2002).....	23
Figure 3 : Variation de la production laitière en fonction du type d'exploitations	50
Figure 4 : Dispositifs d'utilisation conjointe de l'eau de surface et de l'eau souterraine.....	54
Figure 5 : Photos puits et forages	55
Figure 7 : Photos des moteurs utilisés dans le dispositif de pompage.....	59
(Sources : Photos personnelles).....	60
Figure 8 : Photos des pompes utilisées dans le prélèvement de l'eau souterraine	60
Figure 9 : Abris d'installation du moteur	61
Figure 10 : Photos mesures et vérifications du débit à l'entrée et l'intérieur de la parcelle	65
Figure 11 : Courbes volume - puissance - coût du pompage.....	73
Figure 12 : Répartition du volume pompé en fonction du type d'exploitation.....	74
Figure 13 : Types d'exploitations en fonction de l'utilisation des ressources en eau	78
Figure 14 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de la betterave à sucre	79
Figure 15 : Contributions des ressources en eau dans le rendement du blé tendre	80
Figure 16 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de la luzerne.....	81
Figure 17 : Contributions des ressources en eau dans le rendement du niora.....	81
Figure 18 : Apports des ressources en eau dans le rendement de l'oignon.....	82
Figure 19 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de l'olivier.....	82
Figure 20 : Rendements comparés des types d'exploitations en fonction du mode de l'utilisation des ressources en eau.....	83
Figure 21 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de la betterave sucrière.....	85
Figure 22 : Contributions des ressources en eau dans le rendement du blé tendre	86
Figure 23 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de la luzerne.....	86
Figure 24 : Contributions des différentes ressources en eau utilisées dans le rendement du niora.....	87
Figure 26 : Apports des ressources en eau utilisées dans le rendement de l'olivier	89
Figure 27 : Variation du coût moyen du m ³ d'eau pompée en fonction du prix du carburant	93
Figure 28 : Variation coût moyen du m ³ d'eau pompée en fonction du prix des matériels d'équipement	94
Figure 29 : Evolution coût du m ³ d'eau pompée en fonction du volume pompé.....	95
Figure 30 : Variation du coût moyen du m ³ d'eau pompée en fonction du prix du carburant et des prix des matériels.....	97
Figure 31 : Variation du coût de l'eau pompée en fonction du prix du carburant et des matériels	98
Figure 32 : Variation du coût moyen du m ³ d'eau pompée en fonction du prix du carburant et du volume pompé.....	98
Figure 33 Variation du moyen du m ³ d'eau pompée en fonction du prix du carburant et du volume pompé.....	99
Figure 34 : Variation du moyen du m ³ d'eau pompée en fonction du prix des matériels et du volume pompé.....	100
Figure 35 : Variation du coût moyen du m ³ pompée en fonction du prix des matériels et du volume pompé.....	101
Figure 36 : Variation du coût moyen du m ³ d'eau pompée en fonction de la hausse du prix du carburant, hausse des prix de matériels et baisse du volume pompé.....	102
Figure 37 : Carte géographique du périmètre irrigué de Tadla (GIS ORMVAT, 1996)	110
Figure 38 : Histogramme pluviométrie et températures (Station Ouled Gnaou, 2005)	111
Figure 39 : Schéma du mouvement de l'eau à la surface du sol et dans le sol.....	114
Figure 40 : Mise en valeur agricole (2004/2005).....	117

LISTE DES ABREVIATIONS

ABH	Agence du Bassin Hydraulique
AEP	Adduction d'Eau Potable
BA	Périmètre de Béni Amir
BM	Béni Moussa
BME	Béni Moussa Est
BMO	Béni Moussa Ouest
CDA	Centre du Développement Agricole
CE	Conductivité électrique
CGR	Centre de Gestion des Réseaux
CIRAD	Centre International de Recherches Agronomiques pour le développement
Ei	Exploitation n°i (i allant de 1 à 14)
ENE	Orientation géographique dans le sens Est-Nord-Est
FAC	Food Agricultural organisation
GIS	Système d'Information Géographique
MRT	Managment of the Ressources of Tadla
NW	orientation géographique dans le sens Nord-Ouest
OCF	Office Chérifien de Phosphate
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONEP	Office National de l'Eau Potable
ORMVA	Office Régionale de Mise en Valeur
ORVMVAT	Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Tadla
P	Eau souterraine
pl	eau des pluies
PMH	Petite et Moyenne Hydraulique
R	eau du réseau d'irrigation
SAU	Superficie Agricole Utile
SP	Station de pompage
SW	Orientation géographique dans le sens Sud-Ouest
T1	Type d'exploitations utilisant exclusivement l'eau du réseau
T2	Type d'exploitations utilisant 70 à 90% l'eau souterraine que l'eau du réseau
T3	Type d'exploitations utilisant 50 à 60% l'eau souterraine par rapport à l'eau du réseau
T4	Type d'exploitations utilisant 30 à 50% l'eau souterraine que l'eau du réseau
WSW	orientation géographique dans le sens Ouest-Sud-Ouest.

INTRODUCTION GENERALE

1. Introduction

L'agriculture au Maroc comme dans beaucoup des pays en voie de développement, conserve un rôle clé dans l'économie nationale. Elle contribue avec une part importante de 13 à 20% au produit intérieur brut (PIB) national. Cette activité emploie environ 40% de la population active. Ce qui fait incontestablement de ce secteur, le premier employeur du Royaume. La superficie totale du Maroc est de 71 millions d'hectares ; les superficies utilisées dans l'agriculture occupent les 13% soit 8.7 millions d'hectares. Sur les 1,2 millions d'hectares sous irrigation, 55% sont gérées par le pouvoir public, 30% par les propriétaires et communautés, 15% sont irriguées par l'eau souterraine à partir des pompes privés (FAO 2001). L'eau est une ressource naturelle rare et la production agricole reste tributaire des aléas climatiques. Combinée aux autres facteurs, l'eau est un élément déterminant la productivité et le rendement des cultures. La dose et la fréquence d'irrigation sont d'une importance primordiale pour la plante ainsi que pour son optimum productif. Les cultures céréalières dominent sur l'ensemble du périmètre. Le blé occupe un rang de choix avec 30% des terres cultivées, suivi de l'orge 27%, puis la betterave à sucre, le maïs, les agrumes pour ne citer que celles-ci.

Globalement insuffisantes et irrégulières, les précipitations ont amené à la fois l'Etat et les producteurs, pris séparément ou collectivement, à rechercher les voies et moyens pour adapter la production agricole à la nouvelle donne climatique. Des programmes de subvention et de restructuration ont ainsi été mis en place par l'Etat à travers ses structures spécialisées (ORMVA et ABH). Ils favorisent entre autres la réorientation de l'agriculture vers des nouvelles techniques et méthodes culturales, la promotion des variétés culturales améliorées et adaptées, et le développement des techniques d'irrigation à économie d'eau. C'est ainsi que le pouvoir public a tôt compris que l'irrigation est un recours inéluctable. Le patrimoine des terres irriguées est géré par les neuf Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA) dont l'un des plus anciens est celui du Tadla. Et l'Etat, à travers l'Office, a mis sur pied un réseau de distribution d'eau d'irrigation fournie à la parcelle. Avec la faiblesse des précipitations et l'accroissement des exploitations, les attentes des agriculteurs ne pouvaient être comblées. Des restrictions en matière d'utilisation de l'eau du réseau devenaient de plus

en plus fréquentes. A coté d'importants efforts d'investissements hydro-agricoles du pouvoir public, à l'échelle des exploitations, les agriculteurs ont développé des initiatives propres pour pouvoir faire face à la rareté de l'eau : creusements des puits, des forages et/ou leur approfondissement. C'est ainsi que le nombre de pompages privés s'est accru au fil du temps.

La continuité et la régularité de l'eau fournie à la parcelle ne sont pas toujours évidentes. La variabilité des superficies cultivées, la spécificité des besoins des cultures et l'emplacement de l'exploitation par rapport au réseau d'irrigation sont autant des paramètres qui justifient le développement du « pompage privé ». D'autres facteurs d'ordre socio-économiques ne sont pas des moindres dans cette justification : la diversification des cultures, l'amélioration des revenus, la disponibilité des financements provenant de l'immigration pur ne citer que ceux-ci. Ces initiatives visent notamment à combler le déficit de l'eau fournie par le réseau et à gérer autant que faire se peut les périodes d'étiage marquées par la rareté de la ressource eau et la faiblesse des débits. La répartition des pompages individuels sur l'ensemble du périmètre n'obéit pas à une règle quelconque. Les profondeurs des puits varient d'une localité à l'autre ; et dans une même localité, cette variabilité de la profondeur peut s'observer d'une exploitation à l'autre. A l'allure du développement du « pompage privé », l'accès à l'eau souterraine est devenue une alternative et un impératif. Bien que l'idée maîtresse unanimement dégagée reste le souci de pallier à la médiocrité des précipitations et à l'insuffisance d'eau du réseau, plusieurs modes d'utilisation de l'eau souterraine et/ou de surface sont développés. En fonction de l'accent mis sur l'utilisation de l'une ou l'autre des deux ressources, plusieurs types d'exploitations sont alors identifiées au niveau du périmètre.

Cette étude se propose d'évaluer les performances techniques et agro-économiques de l'utilisation des eaux souterraines à l'échelle des exploitations, pour tenter de répondre à la question : l'accès à l'eau souterraine permet-il d'accroître les rendements des cultures ? A l'instar d'autres études basées sur le suivi et l'enquête, une telle étude fait appel aux discussions, entretiens et mesures. Ce qui ne manque pas d'être assujettie à quelques imprécisions. Néanmoins, ce travail mené auprès des exploitants constitue un moyen d'avoir une idée aussi proche que possible de la réalité du fonctionnement des exploitations agricoles. Toutefois, au regard de l'accroissement des pompages, la pérennisation de cette nappe et l'avenir du pompage exigent une attention particulière pour envisager avec optimisme un lendemain meilleur pour l'agriculture à l'échelle du périmètre.

2. Problématique et objectifs

Aux années d'abondance (en d'eau de surface) marquées par un développement de l'irrigation, s'est succédée une période de sécheresse caractérisée par des restrictions en matière d'utilisation des eaux de surface pour l'irrigation. Aussi, la prospection d'autres ressources alternatives d'eau est devenue incontournable. Dans cette perspective, les prélèvements des eaux souterraines et leur utilisation pour l'irrigation requérant davantage de moyens, de techniques et de méthodes s'est accru. La difficulté d'utilisation des eaux souterraines justifie les multiples stratégies développées par les exploitants en vue d'irriguer leurs parcelles.

De nombreux travaux d'étude et de recherche ont été menés dans le périmètre du Tadla. Ces travaux ont porté sur des aspects variés tels que l'irrigation, le drainage, la qualité des eaux et des sols, l'utilisation conjuguée des eaux de surface et des eaux souterraines, pour ne citer que ceux-ci. Cependant, très peu d'études ont été menées pour évaluer les performances de l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation au niveau des exploitations du Tadla. L'utilisation de l'eau souterraine pour l'irrigation est intimement liée à celle de l'eau de surface. Ce qui exprime implicitement l'incidence de toute exploitation de l'une sur l'autre. Il paraît alors raisonnable pour une évaluation globale de la ressource en eau souterraine, de prendre en compte la ressource eau de surface dans l'aspect technique et agro économique desdites performances. Vu les conditions climatiques de plus en plus restrictives et compte tenu de l'accroissement des superficies emblavées, l'accès à l'eau souterraine est un facteur permettant d'accroître les rendements de cultures.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la campagne agricole 2004/2005. Bien que de nombreux facteurs concourent à l'utilisation desdites ressources, l'hypothèse retenue dans le cadre de ce travail est que ces performances matérialisées au niveau des rendements des cultures sont influencées par le pompage. Ceci suppose que le fonctionnement des dispositifs de pompage joue un rôle important dans l'utilisation des eaux souterraines.

La décision de l'exploitant de prélever les eaux souterraines pour l'irrigation des parcelles serait motivée par un raisonnement bien fondé et en rapport notamment avec son revenu, son emplacement vis-à-vis du réseau d'irrigation, l'accessibilité à l'eau souterraine, les

spéculations cultivées. L'objectif principal assigné à ce travail consiste à ressortir à l'échelle des exploitations, leurs performances en matière d'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation. Cette étude s'intègre dans une démarche globale de valorisation et de gestion durable des ressources en eaux souterraines dans le périmètre du Tadla. Pour l'atteinte de cet objectif et l'appréhension des aspects agronomiques et agro économiques desdites performances, il est nécessaire de :

- analyser la typologie des exploitations utilisant l'eau souterraine pour irriguer ;
- estimer la valeur de l'eau pompée sous l'influence des méthodes actuelles d'utilisation des eaux souterraines ;
- déterminer la contribution des différentes ressources en eau utilisée dans les rendements des cultures ;
- déterminer les performances des exploitations en matières d'utilisation des eaux souterraines ;
- tester des sensibilités sur la variation du coût du m³ d'eau pompée à l'échelle des exploitations.

3. Méthodologie de travail

L'unité ayant servi à la collecte des données et informations est l'exploitation agricole. Le suivi sur le terrain s'est étendu en temps partiel de Décembre 2005 à Juin 2006 ; et les exploitations ont été visitées et suivies, chacune sur une période intermittente de quarante cinq (45) jours.

La méthodologie de travail est basée sur le suivi et l'enquête des exploitations pour la collecte des données, les mesures des paramètres, leurs calculs et analyse.

- Méthode d'entrevue : collecte d'informations auprès des organismes techniques (CDA, CGR, ORMVAT), entretiens et discussions avec les exploitants sur le fonctionnement de l'exploitation, la situation des puits et forages, l'utilisation de l'eau souterraine dans l'agriculture au niveau de l'exploitation. Ceci à travers des visites fréquentes dans les exploitations.

L'entrevue s'est faite sur la base de plusieurs entretiens avec les exploitants, allant du premier contact de présentation (par le biais des responsables de la Direction de l'ORMVAT, des CGR et CDA concernés) jusqu'au suivi effectif. Les données recueillies à travers une fiche d'enquête concernent la campagne agricole 2004/2005. Toutefois, les efforts de rappel sur les données (relatives à la production agricole et au pompage) de la campagne précédente ne sont pas toujours évidents. L'usage des repères tels que les célébrations, les fêtes et les événements ayant marqué l'année a été utile.

- Mesures, observations et relevés quotidiens : des mesures de débits du réseau et de la pompe (en tête et au bout des parcelles, à l'aide d'un courantomètre électromagnétique, d'un appareil de jaugeage à déversoirs à crêtes épaisse ...) ont été effectuées ainsi que des relevés ponctuels sur la base des déclarations de l'exploitant. Le fonctionnement du dispositif de pompage a été suivi continuellement. A défaut des données consignées ou de comptabilité précise, les erreurs et aberrations provenant des données erronées ou d'une défaillance de mémoire sont de nature à entacher les résultats d'une certaine marge de fiabilité.

- Calculs et estimations : à l'aide du tableur Excel, et sur la base des informations fournies (par les exploitants, les CDA et CGR). Ce qui a permis d'envisager quelques simulations des effets de variation des paramètres sur les performances des exploitations.

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : SYSTEMES AQUIFERES DU TADLA

1. Introduction

Si une nappe d'eau souterraine peut être définie comme l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère dont toutes les parties sont en liaison hydraulique (Hammani, 2003[16]), alors l'aquifère est un "corps" (couche, massif) de roches perméables suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage des quantités appréciables d'eau. Toute fois, une aquifère peut comporter une zone non saturée.

On rencontre deux types de nappes dans le périmètre du Tadla : la nappe à surface libre et la nappe captive. La nappe du Turonien constitue la principale des nappes profondes et les principales sources d'alimentation de celles-ci sont les infiltrations des eaux de ruissellement et les percolations des eaux d'irrigation par drainance des couches sus-jacentes. Le complexe aquifère périmètre du Tadla se présente comme une superposition de plusieurs nappes comprenant successivement de bas en haut : la nappe du Primaire, la nappe du Cénomani ; la nappe du Turonien, la nappe du Sénonien, la nappe de l'Eocène et les nappes du Moi-Plio-Quaternaire (nappes phréatiques de Béni Amir et de Béni Moussa). (Hammani, 2004[15]). De manière générale, chaque aquifère du Tadla est une multi aquifère ou aquifère multicouche. Cependant, les principaux aquifères rencontrés sont : la nappe du Turonien, la nappe de l'Eocène et la nappe phréatique.

2. Contexte du périmètre irrigué du Tadla

Le périmètre du Tadla est une vaste plaine située à 200 km au Sud-Est de Casablanca. Elle s'étend sur 320.000 ha. Le relief est généralement régulier avec une altitude moyenne de 400 m. La plaine s'étend sur 125 km de long et 40 km de large ; elle forme une vaste dépression limitée :

- Au Nord par le plateau de phosphates (rebord du plateau crétacé de Oued Zem).
- Au Sud par la chaîne du Moyen Atlas, entre deux provinces (Béni Mellal et Azilal).
- A l'Est elle se rétrécit entre le plateau de l'Oued Zem et la retombée Atlasique.

- A l'Ouest, l'Oued El Abid constitue la limite régionale avec la Bahira (Province de Kalaa Srarhna).

Le réseau hydrographique du Tadla est caractérisé par l'Oued Oum Er Rbia qui est le deuxième fleuve du Maroc après le Sebou et auquel s'ajoutent les affluents Oued Derna et Oued El Abid. Il prend sa source dans les hauts plateaux calcaires du moyen Atlas à 26 km au Nord-Est de Khenifra où une quarantaine de sources vaclusiennes sont à son origine. L'Oued Srou, principal affluent du cours supérieur draine un bassin versant. L'Oued El Abid, situé sur la rive gauche de l'Oum Er Rbia, déverse son eau sur la plaine. A l'entrée de la plaine, le débit moyen de l'Oued Oum Er Rbia est de 10 m³/s en période estivale. L'Oued El Abid présente un débit moyen annuel de 32 m³/s. Les eaux de cet affluent sont régularisées par le barrage Bin El Ouidane d'une capacité totale de 1 500 millions de m³ d'eau. Oum Er Rba s'étend sur une longueur de 160 km et divise la plaine en deux sous périmètres hydrauliquement indépendants :

- Béni Amir : Situé sur la rive droite de l'Oued Oum Er Rbia, il couvre une superficie de 27 500 ha (et bientôt 35 000 ha en fin d'aménagement). Il est irrigué par les eaux dérivées de l'Oued Oum Er Rbia par un barrage de dérivation à Kasba Tadla. La dotation annuelle pour cette zone est de 280 millions de m³.

- Béni Moussa : Assuré par les eaux du barrage Bin El Ouidane, sa superficie irriguée est de 69 500 ha. En dehors de la grande hydraulique (d'une superficie de 9 500 ha), la zone comprend des secteurs de Petites et Moyennes Hydrauliques (14 000 ha) et de pompage (3 600 ha).

3. Nappe du Primaire

Avec une superficie d'environ 600 km², elle se situe sur la rive droite de l'Oued Er Rbia et circule dans des formations du primaire. L'alimentation de la nappe se fait à partir du retour des eaux d'irrigation. Elle serait artésienne et très salée ; en général très chargée dans la région de Fquih Ben Salah ; avec un résidu sec atteignant les 13g/l à 110°C (Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er Rbia, 2004[1]).

4. Nappe Cénomanién

C'est un aquifère marneux et marno-calcaire d'environ 30 m sur le plateau de phosphates et marneux, anhydritique et gypseux sur 76 m à Dar Ould Zidouh.

5. Nappe du Turonien

Le Turonien est la plus importante nappe. D'une superficie de 10 000 km², elle se présente sous la forme d'un synclinal dissymétrique dont l'axe passe au voisinage du piémont de l'Atlas. Son volume de réserve se situait en 1971 entre 25 et 50 milliards de m³. Sa source d'alimentation est constituée notamment des infiltrations des eaux de pluie à partir des affleurements ou de drainance des couches sus-jacentes dans les secteurs où la nappe est libre. Les différents exutoires sont constitués par les sources de la Tassaout-aval, les émergences le long de l'Oued Oum Er Rbia et les sorties artificielles essentiellement constituées par les pompages de l'ONEP, de l'OCP et les forages pour l'irrigation des centres pivots (Belhacene et Chayat, 1992[3]).

Dans les secteurs où la nappe est libre, la transmissivité varie entre 10⁻³ et 10⁻² m²/s ; les coefficients d'emmagasinement varient entre 1 et 10%. Dans les secteurs où la nappe est captive, la transmissivité est de l'ordre de 5.10⁻² m²/s et le coefficient d'emmagasinement de l'ordre de 10⁻⁴.

6. Nappe du Sénonien

Le sens d'écoulement de la nappe est assez régulier en général et du Nord au Sud avec un gradient décroissant vers le Sud sous le recouvrement plio-quaternaire du Tadla. Les débits sont très faibles et l'étendue de la nappe est identique à celle des sénoniens, à l'exception du Sud et du Sud-Ouest de Boujâad traversé par aucun puits. Cette faiblesse des débits constitue un frein aux perspectives hydrauliques de création de points d'eau.

7. Nappe de l'Eocène

La nappe de l'Eocène circule dans les terrains Eocènes en bordure du Tadla et dans la région des Béni Oukil et de El Bourouj. Elle s'enfonce par la suite vers le Sud sous le Tadla où elle devient captive. Il est probable que cette nappe soit la source d'alimentation latérale de la nappe du quaternaire. Et l'écoulement de la nappe libre se fait dans la direction Nord-Sud avec un gradient moyen de 10⁻² ; la nappe se met en charge progressivement sous le synclinal du Tadla avec un gradient fortement réduit de l'ordre de 4.10⁻⁴ dans la région de Fquih Ben Salah. Elle devient captive à Tadla. A Kasba Tadla, la transmissivité est d'environ 5.10⁻³ m/s et la perméabilité horizontale est de 2.10⁻³ m/s.

Les formations de l'Eocène s'étendent sur près de 6400 km² avec environ 2300 km² réapparaissant en affleurement et principalement sur le plateau de phosphates, depuis Khouribga au Nord, jusqu'à El Bourouj et Fquih Ben Salah au Sud (Elibrahimi, 2004[10]).

La qualité chimique de l'eau est variable, en général de faciès bicarbonaté chloruré, calco-magnésien avec résidu à 110 °C compris entre 500 et 1 500 mg/l. Parfois, l'eau est plus salée et atteint 9050 mg/l. Dans le secteur occidental, l'eau est souvent fluorée (1 à 3 mg/l). (Belhacene et Chayat, 1992[3]).

8. Nappe du Mio-Plio-Quaternaire (Nappe phréatique)

Elle couvre l'ensemble du périmètre irrigué du Tadla et comprend la nappe de Béni Amir et la nappe de Béni Moussa, séparées par le fleuve Oum Er Riba. D'épaisseur variable de 10 à 400 m, elle diminue dans le sens Sud-Est – Nord-Ouest (Belhacen et Chayat, 1992[3]).

La nappe de Béni Amir est limitée au Nord de l'Oum Er Riba par le contact quaternaire. Au Sud, l'Oum Er Riba constitue une limite artificielle d'axe de drainage. La circulation de la nappe est orientée dans le sens de la pente Nord-Est – Sud-Ouest. Cette circulation se fait dans un complexe plio-quaternaire composé essentiellement d'horizon argileux et continu sur une profondeur de 90 m, constituant ainsi le substratum imperméable. Au-delà de cette profondeur, le complexe est composé essentiellement de calcaires francs et de marno-calcaires. La transmissivité se situe entre 5.10^{-3} et 5.10^{-2} m²/s. Les minima de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-3} m²/s se retrouvent au Nord et au Nord-Est de Fquih Ben Salah.

La nappe des Béni Moussa est limitée au Nord par l'Oum Er Riba, au Sud par le pied de l'Atlas, à l'Est par la ligne Kasba Tadla – Rhom El Alem et à l'Ouest par la limite de l'oued El Abid. La nappe circule dans un complexe comprenant essentiellement des calcaires, des marno-calcaires et d'argiles. L'écoulement de la nappe se fait dans le sens Est-Ouest. A cause de sa perméabilité variable et essentiellement due à sa composition structurale, la circulation de la nappe est irrégulière. La nappe présente de variations de faciès latérales et verticales qui lui confèrent les caractéristiques d'un système multicouche aux niveaux d'aquifères séparés par des horizons plus ou moins perméables. La transmissivité varie selon les zones et en moyenne entre 10^{-3} et 5.10^{-2} m²/s avec des zones de fortes valeurs de transmissivité (5.10^{-2} m²/s à 5.10^{-1} m²/s à Souk Sebt) et des zones de faibles valeurs de transmissivité (le long de Oum Er Riba, en bordure de l'Atlas).

9. Conclusion

La plaine du Tadla présente une diversité de ressources dont la qualité varie d'une région à une autre. Toutefois, les principales nappes rencontrées au niveau dudit périmètre sont : les nappes du Turonien, de l'Eocène et la nappe phréatique (nappe de Béni Amir et nappe de Béni Moussa). En dehors du fait que ces nappes ne sont pas épargnées en matière de pompage, principalement, les deux premières nappes sont sollicitées pour l'alimentation en eau potable des agglomérations urbaines de la région.

CHAPITRE 2 : SITUATION DE LA RESSOURCE EN EAUX SOUTERRAINES DANS LE PERIMETRE DU TADLA

1. Introduction

A cheval entre la Province de Béni Mellal et celle d'Azilal, le périmètre du Tadla est une vaste plaine située à 200 km au Sud-Est de Casablanca. Il s'étend sur une superficie totale d'environ 3 600 km² avec 260 805 ha de terres cultivées dont 125 600 ha irrigués et 135 205 ha non irrigués (voir présentation en Annexe). L'altitude moyenne est de 400 m. La plaine s'étend sur 125 km de long et 40 km de large, formant une vaste dépression limitée :

- Au Nord par le plateau de phosphates (rebord du plateau crétacé de Oued Zem).
- Au Sud par la chaîne du Moyen Atlas, entre deux provinces (Béni Mellal et Azilal).
- A l'Est elle se rétrécit entre le plateau de l'Oued Zem et la retombée Atlasique.
- A l'Ouest l'Oued El Abid constitue la limite régionale avec la Bahira (Province de Kalaa Srarhna).

La plaine du Tadla est traversée sur toute sa longueur par l'Oued Oum Er Rbia, l'un des plus importants fleuves du pays. Celui-ci s'étend sur une longueur de 160 km et divise la plaine en deux sous-périmètres hydrauliquement indépendants :

- Les Béni Amir sur la rive droite de l'Oum Er Rbia d'une superficie de 27 500 ha (et bientôt 35 000 ha) irriguée à partir du barrage de dérivation Kasba Tadla sur l'Oum Er Rbia.
- Les Béni Moussa sur la rive gauche d'une superficie de 69 500 ha irrigués par les eaux de l'Oued El Abid à partir du barrage Bin El Ouidane.

2. Généralités sur la ressource eau souterraine

Le périmètre irrigué de Tadla a connu depuis sa mise en eau (en 1935) d'intenses activités agricoles. Celles-ci ont entraîné d'importantes sollicitations sur les eaux souterraines en particulier. L'infiltration des eaux de précipitations et d'irrigation constitue la principale source d'alimentation de la nappe. L'alimentation à partir des nappes profondes reste peu connue. Dans le sol, les eaux s'infiltreront sous l'action de la gravité dans les pores, les fissures et les microfissures des roches, humidifiant les couches de plus en plus profondes. A la rencontre d'une couche imperméable, l'eau s'accumule, remplissant le moindre pore ou vide et saturant d'humidité le sous-sol tout en formant ainsi un réservoir d'eau souterrain

(aquifère). Dans le sous-sol, la nappe chemine sur la couche imperméable le long des pentes. Ce mouvement de l'eau peut aller à plusieurs dizaines voire centaines de kilomètres avant de ressortir à l'air libre pour alimenter une source ou un cours d'eau. Les nappes souterraines fournissent ainsi près du tiers du débit total de tous les cours d'eau de la planète ; soit environ 12 000 km³ par an.

On distingue en effet la nappe libre et la nappe captive. La nappe libre circule sous un sol perméable. Au-dessus de la nappe, les pores du terrain perméable sont partiellement remplis d'eau ; le sol n'est pas saturé et les eaux de pluie peuvent toujours l'imprégner davantage ; le niveau de la nappe peut monter ou baisser. La nappe captive est quant à elle située entre deux couches imperméables où le niveau ne peut monter. Le lien entre ces nappes est la surface correspondant à la zone où la couche imperméable affleure. La nappe captive se renouvelle plus lentement que la nappe libre, et en général, d'une profondeur allant à quelques centaines de mètres et plus. La pression est parfois suffisante pour que le creusement d'un puits puisse permettre à l'eau de jaillir en surface : il s'agit d'une nappe artésienne.

L'eau coule lentement à travers des formations aquifères à différents débits. Quoiqu'elle existe partout dans le sous-sol, certaines parties de la zone de saturation contiennent plus d'eau que d'autres. Un aquifère est une formation souterraine de roches perméables ou de matériaux meubles pouvant produire des quantités utiles d'eau lorsqu'elles sont captées par un puits. On distingue à cet effet deux types d'aquifères (Préfol, 1986[27]) :

1. Les milieux poreux sont les aquifères composés d'agrégats de particules distinctes (sable et gravier). L'eau occupe les vides interstitiels des grains à travers lesquels elle circule. Les milieux poreux où les grains ne sont pas reliés les uns aux autres sont considérés comme meubles. Si les grains sont cimentés les uns aux autres, ces aquifères sont dits consolidés, et les grès sont des exemples de milieu poreux consolidés.
2. Les aquifères fissurés sont des roches dans lesquelles l'eau souterraine circule à travers des fissures, des joints ou des fractures dans une roche par ailleurs solide ; exemple de granite et basalte. Les calcaires sont souvent des aquifères fissurés, mais les fissures peuvent être agrandies par dissolution, formant des grands chenaux ou même des cavernes.

Comme l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule vers le cours d'eau, les lacs et les océans pour éventuellement les rejoindre. Cet écoulement dans les aquifères sous-jacent aux bassins versants de surface ne reflète pas toujours l'écoulement de l'eau à la surface. Elle peut se déplacer dans des directions différentes de celles de l'écoulement de surface.

Les aquifères libres sont des nappes à surface libre limitée par la surface de saturation. Certains aquifères sont situés au-dessous de couches de matériaux imperméables : ce sont des aquifères captifs ou parfois des nappes artésiennes. Un puits dans un aquifère de ce type est un puits artésien.

Le niveau piézométrique de la nappe phréatique oscille entre 1,5 et 68 m. La nappe phréatique est plus profonde au niveau des zones Bour ; la profondeur moyenne est de 39 m.

3. Historique de la ressource eau souterraine dans le Tadla

L'aménagement hydraulique de la plaine du Tadla a commencé dans les années 1920 (Préfol, 1986[27]) et a abouti à 100 000 ha irrigués par l'eau de surface. Cette mise en eau du périmètre (commencé dans les Béni Amir puis les Béni Moussa respectivement en 1935 avec la mise en place d'un barrage de dérivation sur l'Oum Er Riba et en 1953 avec le barrage Bin El Ouidane sur l'Oued El Abid.

Aux périodes d'abondance de la ressource en eau de surface dans les années quatre vingt, succède une période de sécheresse entre 1981 et 1984 qui a marqué le début de pénurie. L'historique de l'évolution de la nappe phréatique peut être illustrée par l'évolution de son niveau piézométrique caractérisée par cinq périodes successives comme suit (Hammani et al., 2005[17]):

1. La période d'avant la mise en eau du périmètre : la nappe phréatique est dans un régime quasi-permanent, les apports par infiltration des eaux de pluies équilibrent les prélèvements par son drainage naturel.
2. Entre la mise en eau du périmètre et 1980 : en raison des pertes énormes d'eau d'irrigation (faible efficience, irrigation à la demande, ...) des remontées excessives de la nappe phréatique ont été observées entraînant l'engorgement des sols et des problèmes de drainage notamment dans les périmètres de Béni Moussa Est et de Béni

Amir. L'Office a entrepris d'améliorer le drainage du périmètre par le renforcement du réseau d'assainissement. Les stations de pompages ne dépassaient pas 900 puits.

3. Entre 1981 et 1984 : la faiblesse des précipitations (inférieures à 100 mm) a entraîné un déficit dans le barrage Bin El Ouidane d'environ 70%. Par l'incitation du pouvoir public à travers des subventions, un développement de pompages s'est accru. 8735 puits ont été recensés en 1984 (2956 puits dans les Béni Amir et 5779 dans les Béni Moussa). Et les prélèvements de la nappe dépassaient respectivement 100 millions de m³/an dans le périmètre des Béni Amir et 180 millions de m³/an dans celui des Béni Moussa.
4. De 1985 à 1992 : une période de quasi retour à la normale avec les problèmes d'engorgement des sols dans les Béni Amir et Béni Moussa. Les stations de pompage, n'ayant pas évolués pratiquement en nombre, fonctionnaient occasionnellement pour l'irrigation des cultures maraîchères ou pour l'irrigation de complément.
5. La période d'après 1992 : la sécheresse a poussé les agriculteurs à trouver des moyens plus performants pour les pompages. Ce qui justifie leur orientation en faveur des forages au détriment des puits. Avec un coût plus intéressant que celui d'un puits, un forage peut capter la nappe sur une épaisseur plus élevée.

4. Salinité de la nappe

Le taux de salinité dans les eaux de la nappe est mesuré par la conductivité électrique. Ce taux est fonction de l'origine des eaux. Cette salure est variable et son évolution au cours du temps fluctue selon la quantité d'eau chargée (irrigation et précipitations) qui s'infiltre vers la nappe. Les sols semblent plus salés dans les endroits où la nappe est plus proche de la surface (inférieur à 1,5 m).

La salinité des sols du Tadla présente une grande variabilité. Cette salinité est plus variable et suit un gradient croissant de l'amont vers l'aval hydraulique. L'eau de la nappe des Béni Amir est la plus saline durant les dix dernières années avec environ 5 dS/m ; 4 dS/m étant le seuil de tolérance préconisé par la FAO pour une eau « propre » à l'irrigation. Ce qui pose le problème de possibilité d'irrigation par cette eau.

La nappe des Béni Amir est plus salée que celle des Béni Moussa. Cette salinité varie de 0,5 g/l dans les Béni Moussa Est à 4 g/l dans les Béni Moussa Ouest et Béni Amir. L'augmentation de cette salinité s'explique par l'utilisation conjuguée des eaux de surface et des eaux souterraines.

Les cultures ont une tolérance différente par rapport à la salinité : la luzerne qui est tolérante à la salinité est bien cultivée dans les Béni Amir ; les agrumes moins tolérants à la salinité sont plus plantés dans les Béni Moussa Est ; en général, les céréales et la betterave sucrière peu sensibles à la salinité sont cultivés sur l'ensemble du périmètre. La teneur totale en sel de l'eau de la nappe phréatique, exprimée en terme de conductivité électrique, varie de 0,26 dS/m en zone non irriguée ou Bour à 13 dS/m en zone de pompage à l'aval hydraulique des Béni Amir. Toutefois, le chlore reste l'élément le plus dominant dans les eaux de la nappe phréatique ; les zones où les pompages sont développés. Puis viennent en second les sulfates (SO_4^{2-}) et dans une moindre mesure les hydrocarbonates HCO_3^- . Le pH est pratiquement inférieur à 8,4.

5. Niveau piézométrique

L'allure de l'évolution du niveau piézométrique de la nappe phréatique se présente sous la forme " S " : la recharge au cours des cinq premières années s'est succédée par un rabattement accentué à partir du deuxième semestre de l'année 2000. Le rabattement causé par la forte exploitation de la nappe (pompages à partir des puits et forages) a atteint son maximum en 2002 pour les Béni Amir et les Béni Moussa Est et, en 2003 pour les Béni Moussa Ouest. Années à partir desquelles la nappe a enregistré une recharge progressive.

La superposition des courbes de la pluviométrie et du niveau piézométrique, montre que les fortes précipitations enregistrées durant la période 2002 – 2003, ne se sont répercutées sur le chargement de la nappe qu'une année plus tard. Ce qui explique l'hypothèse de la faible perméabilité des couches du sol.

Par ailleurs, la profondeur de la nappe est plus importante au sud des BMO avec une valeur moyenne de 12 m, en particulier, tout au long de la rive de l'oued Oum Er Rbia. En bordure du « Dir », la nappe est plus superficielle et atteint rarement les 10 m de profondeur.

6. Contraintes liées à l'utilisation de la ressource en eaux souterraines

Les limites en matière d'apport d'eau de surface dues essentiellement à la faiblesse des précipitations ont amené les exploitants à recourir à l'eau souterraine. L'utilisation de cette ressource n'est pas sans heurt, s'il faut considérer que la nappe doit être rechargée continuellement. L'exploitation incontrôlée de cette ressource affaiblie et limite ses possibilités de recharge naturelle. Aussi, les réserves souterraines s'épuisent continuellement et le niveau piézométrique de la nappe s'abaisse continuellement. Les puits s'approfondissent davantage et les coûts de pompage de plus en plus onéreux ; des intrusions d'eau de moindre qualité dans les couches exploitées et l'intrusion d'eau saline sous l'effet de pompages à fort débit et à proximité des côtes ; des dépôts minéralisés alternant avec des eaux de meilleure qualité (Zemzam, 2003[28]). En effet, l'Office (ORMVAT), plus que les exploitants, est conscient des conséquences d'une surexploitation de cette ressource sur l'avenir du périmètre. Les conséquences de pompages intensifs ne peuvent être perçues qu'en terme de plusieurs années, voire décennies. Le tarissement des puits est lié à l'abaissement du niveau piézométrique de la nappe. Ce tarissement exige d'importants moyens pour son approfondissement. Généralement, les années de fortes précipitations, sont suivies d'une période d'alimentation de la nappe et de relèvement du niveau piézométrique. Cette période arrive à recharger la nappe, à combler le déficit, et à rétablir quelque peu l'équilibre. Toutefois, le phénomène de dégradation irréversible est à craindre.

7. Qualité des eaux souterraines

Les eaux souterraines peuvent contenir de nombreux constituants notamment les micro-organismes, gaz, matières organiques et inorganiques. La qualité de l'eau souterraine (en termes de goût, pureté, odeur et d'autres propriétés) dépend des substances qui y sont dissoutes, des conditions de température et de pression, des types de roches et de sols à travers lesquels elle s'écoule, des activités humaines et probablement du temps de séjour.

Les constituants chimiques présents dans l'eau dépendent en partie de l'état des précipitations et de la source d'alimentation. L'une des plus importantes transformations naturelles dans la chimie de l'eau souterraine se produit dans le sol. Ce dernier contient des concentrations élevées en gaz carbonique qui est dissout dans l'eau souterraine, créant un acide faible capable de dissoudre des minéraux de silicate.

Dans son transfert d'une zone d'alimentation à une zone d'émission, l'eau souterraine peut déposer certains de ses constituants ou dissoudre les substances qu'elle rencontre sur son

passage. Elle tend à être plus saline que les eaux de surface. Il arrive que cette salinité augmente avec la profondeur. Comme elle coule à travers un aquifère, elle contient moins de matières non dissoutes et en suspension que les eaux de surface. Ce qui la rend plus filtrée et exempte de micro organismes pathogènes après un long temps de séjour souterrain. Une source de contamination proche d'un puits peut, cependant, vaincre ces défenses naturelles et compromettre cette qualité.

La qualité de l'eau en définitive, dépend de son usage prévu. L'agriculture entraîne dans l'eau souterraine par les pluies ou l'eau d'irrigation des sédiments, des éléments nutritifs, des organismes vivants, des produits chimiques provenant des engrais minéraux, pesticides et autres intrants agricoles. La tendance des contaminants à s'y accumuler contribue à polluer cette eau et à influencer sa qualité pour l'agriculture. Les nitrates dans l'environnement proviennent de la minéralisation de la matière organique du sol (95% de l'azote total du sol), des apports d'engrais minéraux azotés ou de la minéralisation des amendements organiques. Une forte concentration en nitrates peut provoquer la détérioration de la qualité technologique des cultures. La pratique de l'irrigation intensive influence sur la dynamique et la qualité des eaux de la nappe phréatique et des sols. La remontée des nappes (Béni Amir et Béni Moussa) s'explique par l'infiltration des précipitations, la percolation des eaux d'irrigation et le mauvais fonctionnement du système de drainage. Pour les utilisations industrielles, l'eau ne doit pas être corrosive et ne doit pas contenir de matières dissoutes qui pourraient former des précipités sur les parois de la machinerie et du matériel.

8. Conclusion

Les considérations importantes pour les eaux de surface sont valables également pour l'eau souterraine (dureté, salinité et pH). A la différence des eaux de surface, la qualité naturelle de l'eau souterraine se distingue par les caractéristiques suivantes :

- pour toute source donnée, sa qualité, sa température et ses paramètres sont moins variables dans le temps ;
- dans la nature, l'échelle de valeurs des paramètres de l'eau souterraine est beaucoup plus grande que pour les eaux de surface (matières dissoutes totales).

Certains produits chimiques (les matériels électriques, les revêtements d'asphalte, les produits utilisés dans les usinages et les lieux de réparation d'automobiles) constituent un autre type de contaminants. Ils peuvent être produits ou accidentellement déversés. Ils sont plus lourds que l'eau et s'enfoncent rapidement dans le sol. Ce qui pose de difficultés dans le traitement.

CHAPITRE 3 : UTILISATION DE LA RESSOURCE EAU SOUTERRAINE

1. Introduction

Plusieurs schémas ou modes d'utilisation de l'eau souterraine ressource pour la production agricole sont observés au niveau du périmètre. En fonction de la situation économique de l'exploitant et en rapport avec ses activités agricoles ou extra-agricoles, le choix pour l'une ou l'autre des modes d'utilisation est ainsi fait. Ces pompages sont devenus par la sévérité des effets climatiques sur les activités des exploitants, une activité non négligeable, surtout qu'elle concourt à combler entre autres le déficit en matière d'eau d'irrigation fournie par le réseau et à satisfaire au mieux les besoins des exploitations. Pour mieux appréhender cette activité galopante, il est utile de faire une rétrospective sur la situation préexistante du pompage, voire son état actuel et ses impacts.

2. Cadre incitatif

Jusqu'à 1995 (date d'approbation de la loi sur l'eau 10-95), la réglementation en matière d'utilisation des eaux souterraines ne pose aucune restriction aux exploitants de manière générale. En dehors des moyens personnels qui apparaissent comme les premières contraintes pour l'acquisition du dispositif de pompage, celui-ci se déroule de manière privée. Pour l'irrigation des parcelles, les agriculteurs trouvent plus de flexibilité à recourir à l'eau du puits qu'à l'eau du réseau d'irrigation. Le puits procure plus de liberté dans la gestion des facteurs primordiaux qui sont le choix des cultures, le temps et la fréquence de pompage et d'irrigation. Ce qui permet non seulement d'éviter les contraintes posées par la sévérité des aléas climatiques et la réglementation du tour d'eau de surface, mais surtout de pouvoir satisfaire les besoins des cultures. Le développement du pompage privé prend de plus en plus d'ampleur au fil du temps.

3. Evolution des eaux souterraines à l'échelle des exploitations

3.1 Historique du pompage

Avant la mise en eau du périmètre, la nappe du périmètre du Tadla se trouvait à une profondeur entre moyenne de 50 m dans la partie amont et de 15m dans la partie aval (Belhacene et Chayat, 1992[3]). A partir des années 60 et sous l'influence des pertes par infiltration dans les canaux (réseau en terre et canaux secondaires non cimentés) et du fait

d'une utilisation d'eau au niveau des parcelles (avec les doses apportées par irrigation largement supérieures aux besoins en eau des cultures ainsi que l'adoption d'un mode d'irrigation peu efficient : la « Robta » (irrigation gravitaire par inondation des petits bassins fermés). Une remontée spectaculaire de la nappe a été notée à partir des années 70, occupant une « position sub-affleurante » (Belhacene et Chayat, 1992[3]). Ce qui a contribué à la disparition de nombreuses terres cultivables principalement en aval du périmètre et à l'apparition des poches de salinisation. Entre la mise en eau du périmètre et 1980, peu de pompages étaient développés et des remontées excessive de la nappe phréatique ont été observés entraînant l'engorgement des sols et le drainage notamment ans le Béni Moussa Est et de Béni Amir (Hammani et al., 2005[17]).

Des mesures suivantes doivent être prises par le gestionnaire pour contrôler le phénomène :

1. développer les pompages à partir de la nappe. Dans ce cas, l'intervention peut être accès soit sur les pompages par les particuliers qui sont contrôlés par le nombre de stations de pompage et par la superficie irriguée par chaque puits.
2. Diminuer les pertes par percolation profonde des eaux d'irrigation ; ce qui traduit l'efficienne de l'irrigation au niveau des parcelles ou au niveau du réseau d'irrigation, et donc la diminution de la dose d'irrigation une position.
3. Améliorer l'efficacité du drainage par le renforcement du réseau ou l'augmentation de la fréquence d'entretien.

C'est dans cette perspective que le pompage a été encouragé, notamment par des appuis financiers accordés aux agriculteurs. En 2005, on dénombre 9636 stations de pompage privé (7061 puits et 2302 forages) répartis sur l'ensemble du périmètre avec (Béni Amir et Béni Moussa) et qui participent au drainage vertical de la nappe.

Les dispositifs de captage des eaux comprennent les forages (profondeur dépassant les 100 m, et diamètre compris entre 10 et 15 cm), les puits (1,4 à 3 m de diamètre et profondeur inférieure à 35 m) et les puits-forages ou dispositifs intermédiaires, peu nombreux (30 à 120 m profondeur), sont des forages alimentant un puits ; ce qui améliore le débit du puits.

Tableau 1: Puits et forages fonctionnels dans le Tadla

PERIMETRE DU TADLA	Puits + Forages	Puits fonctionnels	Puits non fonctionnels	PNF/P+F
Béni Amir	1712	1352	360	21%
Béni Moussa Est	2113	1592	1	~ 0%
Béni Moussa Ouest OUEST	4047	2770	1277	21%
Périmètre irrigué IRRIGUE	7872	5714	1638	21%

(ORMVAT, 2001)

3.2 Situation des puits et forages dans le Tadla

La plaine de Tadla présente un contexte particulier où l'usage conjoint de l'eau de surface et de la nappe s'est considérablement développé. Le nombre de puits fonctionnels a marqué une augmentation depuis les années 1975 pour connaître une faible diminution à la fin des années 80, suite au tarissement de certains puits. Depuis une dizaine d'années, les nappes phréatiques comme les nappes plus profondes sont affectées par une baisse continue de leur niveau piézométrique. Les agriculteurs ont tendance à procéder à l'approfondissement des puits existants en creusant des forages pour capter des aquifères plus profonds (l'éocène notamment). Même avec un développement des techniques modernes d'irrigation, les économies d'eau risquent rester très inférieures aux volumes prélevés qui sont estimés de 30 à 60% des consommations en eau des exploitations selon les auteurs (Berrkia, 2003[6] ; Zemzam, 2003[27]).

Le recensement (de juillet à décembre 2001) a révélé 1021 puits et 331 forages fonctionnels (ORMVAT, Bellouti et al., 2002[24]) ; chiffres différents de ceux autorisés par l'ORMVAT. Ce qui traduit l'existence de creusements sans autorisations légales. Il arrive que les exploitants sollicitent les autorisations pour pouvoir bénéficier des subventions accordées à la micro-irrigation (toujours accompagnée d'un accès à la nappe). Ce qui encourage l'utilisation des ressources souterraines sans limite compte tenu de l'absence de moyens pour contrôler le niveau de prélèvement. Le tableau 2 indique le nombre des puits autorisés au niveau des Béni Amir depuis 1994 et la nature de la nappe exploitée correspondante. Environ 1/5 des parcelles sont équipées en puits fonctionnels, fraction comparable à celle de l'ensemble du périmètre du Tadla.

Tableau 2 : Evolution du nombre de puits autorisés dans les Béni Amir (ORMVAT, 2001)

Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Nombre	2	12	25	3	6	2	5	32
Nappe phréatique	2	12	25	3	5	2	5	32
Nappe profonde					1			

La répartition des puits par CDA reportée au tableau 1.4 permet de situer les zones où le pompage contribue le plus à l'irrigation :

1. Les pourcentages des agriculteurs disposant de puits les plus élevés se situent aux niveaux des CDA 502, 504, 506 et 509 ; ils varient de 4,6 % au CDA 505 à 56,2 % au CDA 506 avec une moyenne de 25,6 % dans le périmètre. Ceci peut être expliqué par la différence de piézométrie qui est plus élevée au niveau du CDA 505 ;
2. Le taux d'exploitation le plus important se situe au niveau des CDA 506 et 507 où le rapport superficie totale sur nombre de puits équipés est le plus faible, comparé aux autres CDA ; ceci peut être expliqué par la pratique importante des céréales sous pompage.
3. Le nombre d'agriculteurs disposant de stations de pompage est plus élevé au niveau des CDA 502, 504 et 506.

La répartition spatiale des puits et forages pour l'année 2001/2002 est représentée dans le tableau 3 ci-dessous pour le périmètre de Béni Amir.

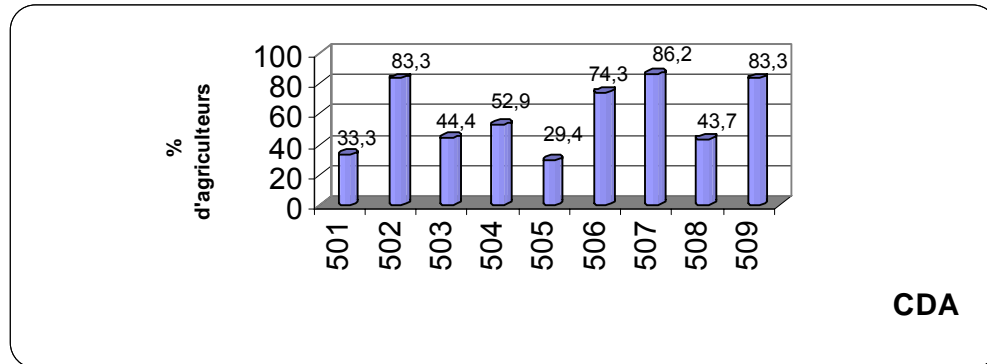
Tableau 3 : Répartition des puits au niveau des CDA des Béni Amir

CDA	Superficie totale (1)	Nbre d'agriculteurs	Nbre d'agriculteurs disposant de stations de pompage	Nbre de SP	% Agriculteurs ayant stations de pompage	Nbre de stations de pompage équipées (2)	Taux d'exploitation (1)/(2)
501	3502,2	1482	80	84	5,4	63	55,6
502	2316,7	643	239	257	37,2	171	13,5
503	4258,6	926	101	107	10,9	253	16,8
504	5318	1219	395	451	32,4	250	21,3
505	2438	434	20	27	4,6	68	35,8
506	2470	934	525	562	56,2	264	9,4
507	1895	664	92	101	13,9	218	8,7
508	2745	452	171	209	37,8	189	14,5
BA	26629	7193	1765	1963	25,6	1476	18,0

(ORMVAT, 2002)

Le nombre de stations de pompage équipées est faiblement représenté au niveau de CDA 501 et 505. Par contre, ce nombre est fortement représenté aux niveaux des CDA 503, 504 et 506. Les puits équipés en moteur Diesel moteur couvrent la presque totalité de la superficie (près

de 99,4%), les puits équipés en moteur électrique et les pétrolettes ne représentent que 0,6% de la superficie totale. Les pétrolettes, qui représentaient jusqu'en 1995 une part assez importante de 39% (ORMVAT, 1996[23]), se retrouvent dans les zones où la nappe est peu profonde ; mais leur utilisation reste d'usage domestique.



(ORMVAT, 2000)

Figure 1: Répartition des agriculteurs mélangeant l'eau de puits à l'eau du réseau

3.3 Evolution actuelle du pompage

La faiblesse des précipitations, elles mêmes tributaires de la rigueur climatique, a créé le déficit en eau de surface. Ce qui a amené les exploitants à recourir à l'eau souterraine ; justifiant ainsi le nombre de puits et forages développés au niveau du périmètre. Après un fulgurant développement des puits vers les années 1980-1985, un ralentissement s'est observé vers la fin la fin des années 1980 qui s'en est aussitôt suivi des recreusements des puits taris pour leur approfondissement et creusement des forages, le tout pour capter les aquifères plus profonds. Le recensement des puits et forages (ORMVAT, Bellouti et al., 2002[24]) a révélé 5714 puits et forages fonctionnels sur les 7872 existants sur l'ensemble du périmètre ; à raison de 1352 dans les Béni Amir, 1592 dans les Béni Moussa Est et 2770 dans les Béni Moussa Ouest.

4 Modes d'utilisation des eaux souterraines

Les ressources en eaux superficielles et souterraines du Tadla font l'objet d'une exploitation permanente qui a tendance à s'intensifier au fil des ans. Cette intensification trouve son fondement dans une conjugaison à la fois d'une sécheresse de plus en plus prononcée, tributaire elle-même d'un déficit pluviométrique et de la pression des besoins en eau des cultures. Cette situation a conduit les bénéficiaires à solliciter la nappe d'eau souterraine, comme complément au déficit créé par la baisse des ressources en eau du réseau d'irrigation. Il est donc utile pour une gestion globale des ressources en eau, tant quantitative que

notamment les cultures maraîchères, peut être une des raisons favorisant l'exploitant à opter pour l'utilisation de cette ressource.

4.2 Utilisation combinée des eaux souterraines et des eaux de surface

L'utilisation combinée des eaux souterraines et de surface se traduit comme une complémentarité dans le temps et dans l'espace en matière de supplément d'eau à apporter aux cultures pour combler le déficit dû à l'irrégularité des précipitations et/ou des apports du réseau d'un côté et à la qualité des eaux souterraines et du coût du système de pompage de l'autre côté.

Cette combinaison ou complémentarité entre les deux ressources fait suite généralement au mauvais fonctionnement de l'organisation des tours d'eau, aux lâchers tardifs ou aux coupures des eaux du réseau. Cette méthode trouve aussi son fondement dans la réduction de la salinité des eaux souterraines ou encore dans la diminution du temps de fonctionnement du système de pompage (au coût relativement plus élevé). Dans cette catégorie la proportion de l'une ou autre des ressources en eau utilisée varie en fonction de l'accès de l'exploitant à l'eau souterraine et du type de culture en place. Dans l'ensemble, les proportions des eaux souterraines par rapport aux eaux superficielles varient du 1/4 au 1/3 avec des débits pompés allant de 10 à 15 l/s (Benhida, 1998[5]).

4.3 D'autres usages de l'eau souterraine

Les prélèvements globaux à partir de la nappe de l'Eocène se chiffrent à près de 123 millions de m³ d'eau (ABHOER, 2004[1]). L'irrigation taille la plus grande part avec près de 89 % (soit 109,8 millions de m³ d'eau) ; puis viennent les adductions pour l'alimentation des agglomérations urbaines en eau potable et les usages industriels avec 11% (soit 13,2 millions de m³ d'eau).

5. Contraintes liées à l'utilisation de la ressource eau souterraine

Les limites en matière d'apport d'eau de surface dues essentiellement à la faiblesse des précipitations ont amené les exploitants à recourir à l'eau souterraine. L'utilisation de cette ressource n'est sans heurt, s'il faut considérer que la nappe doit être rechargée continuellement. L'exploitation incontrôlée de cette ressource affaiblie et limite ses possibilités de reconstitution des réserves de la nappe. Aussi, ces réserves s'épuisent continuellement. Le niveau piézométrique de la nappe s'abaisse continuellement. Les puits s'approfondissent davantage et les coûts de pompage devenant de plus en plus onéreux. En

effet, l'Office (ORMVAT), plus que les exploitants, est conscient des conséquences d'une surexploitation de cette ressource sur l'avenir du périmètre, mais ne cerne pas exactement l'ampleur des conséquences. Les conséquences de pompes intensifs ne peuvent être perçues qu'en terme de plusieurs années, voire décennies. Le tarissement des puits est lié à l'abaissement du niveau piézométrique de la nappe. Ce tarissement exige d'importants moyens pour son approfondissement.

Naturellement, aux années de fortes précipitations, succède une période d'alimentation de la nappe et de relèvement du niveau piézométrique. Cette période arrive à recharger la nappe, à combler le déficit, et à rétablir quelque peu l'équilibre. Toutefois, le phénomène de dégradation irréversible est à craindre.

6. Implications socio-économiques de l'exploitation des eaux souterraines

Les implications socio-économiques de l'exploitation des eaux souterraines sont évaluées en terme de mobilisation des moyens nécessaires (moyens humains, matériels et financiers) pour la réalisation de l'ouvrage (puits, forages) et d'évaluation du coût pour l'exécution, le fonctionnement, l'entretien ou la maintenance dudit ouvrage. Comparé à l'eau de surface dont le coût reste accessible et l'utilisation liée à la fourniture du réseau, le pompage privé, bien que plus coûteux, comparé à l'eau du réseau, présente l'avantage de conférer plus d'autonomie et d'indépendance pour son utilisation.

Selon Hammani et al. (2005[17]), le coût du mètre cube d'eau pompée est deux à trois fois plus élevé que celui de l'eau du réseau à l'échelle de l'exploitation. Dans le coût de l'eau pompée, sont pris en compte les frais d'acquisition et de fonctionnement du dispositif de pompage, les frais d'entretien et réparation du dispositif de pompage ainsi que les frais liés à l'amortissement. Le coût de l'eau du réseau au niveau du périmètre du Tadla vaut actuellement 0,24 Dh/m³ ; ce qui amène les agriculteurs à diminuer le temps d'irrigation pratiquement de moitié (8 h/ha au lieu de 12 h/ha) et le mélange eau pompée et eau du réseau donnant 45 au lieu des 30 l/s. Ceci engendre une réduction sur le coût de la main d'œuvre (5 Dh/h) et contribue à limiter l'irrigation par pompage au strict minimum (avec une durée de 30 h/ha).

7. Impacts du pompage sur la qualité des sols et de l'eau

7.1 Impacts du pompage sur la salinité des sols

La salinité des sols du Tadla varie de 0,26 à 13,08 dS/m (Bouazzama B. et Bouyahiaoui A., 2000[7]) et les horizons de surface sont généralement de salinité plus élevée que les horizons sous-jacents témoignant d'une accumulation par évaporation. Cette situation est due à l'irrigation par :

1. les eaux de l'Oued Oum Er Rbia moyennement salées (2,25 dS/m) ;
2. les eaux de puits de qualité médiocre (pouvant atteindre 4,11 dS/m) ;
3. un système de drainage inadéquat.

La salinité des sols ne dépend pas seulement de la charge minérale des eaux d'irrigation, mais aussi du type de sels, de la texture et structure du sol, de l'efficacité du système de drainage et des pratiques culturales, notamment la fertilisation. La bonne qualité des eaux souterraines profondes et l'absence d'apport des sels (par remontée capillaire des eaux de la nappe) font admettre que plus la nappe est profonde, moins les sols sont affectés par la salinité. Les sels contenus dans l'eau agissent sur le métabolisme des plantes. Ces actions peuvent se répercuter sur la croissance des plantes, ainsi que sur leur rendement.

7.2 Impacts du pompage sur la qualité des eaux

Les eaux de l'Oum Er Rbia seraient salées en raison de leur origine et aussi des eaux salées de l'Oued Srou qui draine le pays Zaïan (la concentration de résidu sec allant de 1250 mg/l à 6000 mg/l en période d'étiage). A Kasba Tadla (au niveau du barrage de dérivation), la concentration du résidu sec est en moyenne de 960 mg/l avec un maximum observé de 1670 mg/l. Par contre, l'Oued Derna et l'Oued El Abid véhiculent des eaux de bonne qualité chimique (environ 300 mg/l de résidu sec). La médiocrité chimique des eaux de l'Oum Er Rbia supérieur jusqu'à Kasba Tadla, constitue un danger pour les sols irrigués des Beni Amir et aussi pour la nappe phréatique de cette zone dont les eaux sont recyclées pour l'irrigation.

Le pompage de l'eau souterraine par prélèvement de quantités d'eau à un rythme supérieur au taux d'alimentation naturelle peut entraîner le problème de pénurie d'eau que le phénomène inverse ne pourrait rétablir, même plusieurs années d'alimentation après. La contamination de l'eau souterraine est extrêmement difficile, et parfois impossible à nettoyer.

La salinité de la nappe phréatique et son impact se posent différemment sur l'ensemble du périmètre :

1. Dans les Béni Amir, la valeur minimale de la conductivité électrique mesurée en décembre 1999 était de 1,15 mS/cm et la conductivité moyenne se situait alors autour de 5,5 mS/cm. La surface de la nappe affectée par une salinité très élevée représente 90% de la superficie totale.
2. Dans les Béni Moussa Est, la conductivité moyenne des eaux est de 1,25 mS/cm ; la valeur minimale est de 0,75 mS/cm et le maximum 3,15 mS/cm.
3. Dans les Béni Moussa Ouest, la conductivité électrique des eaux varie entre 1,30 et 6,45 mS/cm ; la valeur moyenne est de 3,15 mS/cm ; valeur inadéquate pour l'irrigation, mais de moindre gravité par rapport à celle des BA.

Dans l'ensemble, le problème de salinité des eaux est relativement inquiétant dans les Béni Amir ; et à un degré moindre dans les Béni Moussa Ouest. Dans les Béni Moussa Est, les eaux de la nappe fluctuent entre une salinité moyenne et une salinité élevée.

8. Conclusion

Pour l'irrigation des parcelles, les agriculteurs trouvent plus de flexibilité à recourir à l'eau du puits qu'à l'eau de surface. Le puits procure plus de liberté dans la gestion du temps (période de pompage, d'irrigation) et le choix des cultures. Ce qui permet d'éviter les contraintes climatiques et de la réglementation du tour d'eau du réseau, et surtout de pouvoir satisfaire les besoins des cultures. Il est donc utile pour une gestion globale des ressources en eau, d'aborder la ressource eau souterraine et la combinaison eau souterraine et eau de surface. L'exploitation incontrôlée de cette ressource affaiblit ses possibilités de recharge naturelle. Mais naturellement, les années de fortes précipitations, sont accompagnées par une période d'alimentation de la nappe et de relèvement du niveau piézométrique. Cette période arrive à recharger la nappe, à combler le déficit, et à rétablir quelque peu l'équilibre. Toutefois, le phénomène de dégradation irréversible est à craindre. Les puits s'approfondissent davantage ; ce qui rend le coût de pompage plus onéreux que celui de l'eau du réseau.

Des actions de lutte contre la pollution des eaux souterraines dans le périmètre du Tadla sont actuellement en cours et notamment : la réduction des engrais azotés, la sensibilisation des agriculteurs (sur les pratiques culturales respectant la qualité de nitrure des ressources en eau souterraine) et l'introduction des systèmes d'irrigation plus efficaces (irrigation localisée et par pivot).

CHAPITRE 4 : GESTION DE L'EAU DANS LE TADLA

1. Introduction

L'eau est comptabilisée au niveau de l'exploitation à travers les précipitations, les irrigations et les infiltrations. Les améliorations en terme de production culturale sont réalisables au niveau des exploitations et à l'échelle des actions individuelles à travers entre autres, une application précise et efficace de l'eau à la parcelle, une réduction de l'évaporation ou de la transpiration. Il est reconnu le besoin d'accorder plus d'attention à l'eau, ou mieux à sa productivité (relation rendement et inputs d'eau). Si l'eau est plus rare que la terre, dans le souci de maximiser le rendement, la sous irrigation aura alors tendance à maximiser la ressource la plus rare.

Dans la gestion de l'eau, l'échelle d'application de la productivité de l'eau est importante et, l'utilité du potentielle du mètre cube varie d'une unité à l'autre. La productivité d'eau au niveau de la plante se réfère au volume d'eau transpirée. Les interventions opérées à l'échelle d'une irrigation ou d'une exploitation ne conduisent pas nécessairement à une augmentation directe de la productivité à grande échelle.

Le Béni Amir, à la rive droite de l'Oued Oum Er Rbia est irrigué à partir du barrage Ahmed El Hansali (740 millions de m³) ; le Béni Moussa, à la rive gauche, est quant à lui irrigué à partir du barrage Bin El Ouidane (1500 millions de m³). Initialement, les besoins en eau de Béni Amir étaient estimés à 420 millions de m³ et ceux de Béni Moussa estimés à 710 millions de m³. Depuis les années 80, l'allocation d'eau a diminué et en 2003, seulement 150 millions de m³ étaient disponibles pour Béni Amir contre 350 millions de m³ pour Béni Moussa ; soit respectivement 36% et 49% de l'allocation initiale.

2. Acteurs impliqués dans la gestion de l'eau à l'échelle du périmètre

Dans la gestion quotidienne de l'eau à l'échelle du périmètre, plusieurs acteurs sont impliqués :

- Structures publique (ORMVAT et ABHOER)

C'est la structure publique gestionnaire de la ressource en eau d'irrigation à l'échelle du périmètre. Elle a pour mission l'aménagement des périmètres irrigués et des zones

d'agriculture pluviale, la gestion des ressources en eau à usage agricole et des réseaux d'irrigation, le développement de la production agricole et le renforcement des capacités des agriculteurs. En cas de besoin, elle peut faire appel à d'autres structures spécialisées (Etablissements de formation, de recherche ou de développement, Industries etc.) pour des études, des travaux d'aménagements ou d'entretien des ouvrages et infrastructures hydrauliques d'intérêt collectif et donc l'impact est important tant pour l'Office que pour les communautés bénéficiaires. L'ORMVAT possède des organes exécutifs : les Centres de Développement Agricole (CDA) et les Centres de Gestion des Réseaux (CGR). Les premiers assurent le suivi des agriculteurs ; les seconds sont chargés de l'entretien et du bon fonctionnement des tertiaires et des quaternaires. L'Office fixe les dotations, organise la distribution de l'eau et établit les factures payables par trimestre. L'Agence de Bassin Hydraulique (ABH) gère l'Oued Oum Er Rbia. Elle s'occupe de l'ensemble des acteurs exploitant les ressources en eau de surface et souterraine, pour des fins agricoles, industriels et d'eau potable. Les autorisations de pompage devraient avoir l'accord de l'ABH.

- Les Aiguadiers Agents de distribution

En contact permanent avec les agriculteurs, les Aiguadiers et Agents de distribution servent de liaison entre les agriculteurs et l'organisme gestionnaire de l'eau. Ils relèvent des CGR et ont pour missions d'organiser les tours d'eau, d'assurer la distribution des tours de livraison d'eau aux usagers, de veiller à la distribution des bons de livraison d'eau aux usagers et d'établir la fourniture prévisionnelle d'eau entre les usagers. Il procède également aux ajustements nécessaires (modification de la dotation, changements de l'ordre ...). La distribution de l'eau est assurée pour les parcelles enregistrées par l'Office, desservies par un tertiaire fonctionnel et à jour dans le règlement des factures d'eau

- Les Agriculteurs

Ils sont les premiers bénéficiaires de l'eau qui leur est fournie à la demande. Regroupés souvent au sein de l'Association des Usagers d'Eau (AUE) qui constitue l'interface avec l'Administration. Il revient aux dites associations, conformément aux textes juridiques, d'assurer une gestion collective des infrastructures d'irrigation, de participer à la réalisation, à l'exploitation et à la maintenance des aménagements et équipements hydro agricoles. Aussi, la création des associations n'est pas toujours motivée par l'initiative des agriculteurs.

3. Cadre juridique et institutionnel

Depuis 1966, la création des organismes publics gestionnaires de l'eau d'irrigation (ORMVA) dans les zones à fort potentiel agricole a marqué la décentralisation de la gestion de la grande hydraulique par l'Etat. Les bases de la tarification de l'eau d'irrigation ont été instituées depuis 1969, et notamment par les textes ci-après :

1. Le dahir 1-69-25 définissant le code des investissements agricoles ;
2. Le décret 2-69-37 relatif aux conditions de distribution et d'utilisation de l'eau des périmètres d'irrigation.

La loi 10-95 sur l'eau établie en septembre 1995 définit les institutions en charge de cette ressource ainsi que leurs rôles pour une gestion durable. Elle stipule les cinq principes fondamentaux suivants :

1. l'eau appartient au domaine public,
2. l'eau doit être gérée comme une totalité ; aussi bien quantitativement que qualitativement,
3. l'eau doit être gérée à l'échelle du bassin de rivière ;
4. la valeur économique de l'eau est reconnue à travers le principe « pollueur payeur » et « utilisateur payeur » ;
5. la gestion de l'eau est décentralisée et orientée par une solidarité régionale et un dialogue entre gestionnaires ou dépositaires.

4. Contraintes liées à la gestion de l'eau d'irrigation

Dans le concept de gestion de l'eau d'irrigation, plusieurs contraintes se posent aux agriculteurs au premier rang desquelles passent les contraintes d'ordre institutionnel et socio-économique, puis technique. L'une des principales contraintes qui se posent aux agriculteurs est la difficulté d'accès à la ressource eau d'irrigation et l'opacité de la relation agriculteurs et gestionnaire, souvent dégénérée en relation conflictuelle plutôt que partenariale. Au niveau de l'exploitation, une inégalité entre agriculteurs (par rapport au droit de creuser les puits ou forages, droit de pomper l'eau de l'oued) en matière d'accès à la ressource eau complique davantage leur rapport avec l'Office. En matière de contrainte technique, les lâchers d'eau d'irrigation ne sont effectifs que si les conditions minimales sont requises au niveau des périmètres (demandes cumulées minimales des agriculteurs, l'humidité du sol ...).

Les rendements des cultures irriguées sont faibles si celles-ci ne sont pas irriguées dès le démarrage de la campagne agricole. Il est observé que le débit reçu à la parcelle est inférieur au débit sollicité et facturé (30 l/s ou 20 l/s selon le périmètre) ; en raison des pertes importantes d'eau sur le réseau dont l'efficacité de l'irrigation est estimée par l'ORMVAT à environ 50%.

5. Réglementations en matière d'eau

5.1 Tarification de l'eau

Tardieu en 2004, souligne que la tarification de l'eau recouvre les coûts économiques des services fournis (capital dépensé, maintenance, entretien ...). Le coût durable de l'eau inclut le coût de l'opération, la maintenance, le coût de renouvellement y compris les coûts du personnel lié au service. Mais le coût financier de l'investissement initial ou de la dernière réhabilitation n'est pas inclus, ni les subventions de l'Etat.

Contrairement à l'eau du réseau, la gestion de l'eau souterraine n'est pas contrôlée par une réglementation quelconque. Le pompage est une initiative privée des exploitants. Il est reconnu à l'échelle de l'exploitation que l'eau pompée coûte plus chère que l'eau de surface. Le coût de l'eau du réseau qui bénéficie de la subvention de l'Etat est en dessous de son coût réel d'exploitation. Les charges actuelles sur les canaux d'eau ne peuvent faire l'équilibre entre l'offre et la demande. Mais ce niveau élevé est suffisant pour décourager tout gaspillage d'eau pour des usages extra agricoles. (Papin, 2001; Petitguyot, 2003; Grusse et al., 2004[25]).

L'augmentation dudit tarif ne serait supportable par les exploitants que si l'amélioration de leur production est possible. Ce qui pourrait dans un autre sens compliquer davantage la pérennité des aménagements existants et la survie des organismes gestionnaires ; l'accès et la disponibilité de l'eau en période culturale contribuent à cette amélioration de la production. Selon Petitguyot et al. (2003), le coût de l'eau d'irrigation considéré à juste titre comme élevé par les agriculteurs est en moyenne de 1 340 Dh/ha avec un coefficient de variation de 6,2%. La fréquence d'irrigation est fonction des conditions climatiques et de la nature des cultures.

5.2 Evolution de la tarification de l'eau

L'évolution de la tarification de l'eau au niveau du périmètre du Tadla peut se résumer en deux phases comme suit (Petitguyot, 2003[26]) :

1. 1969 – 1980 : promulgation des textes fondateurs de la tarification de l'eau d'irrigation et fixation des premiers tarifs de l'eau ;

2. 1981 – 1996 : augmentation des redevances de l'eau ;
3. 1997 – 2003 : réajustement des redevances de l'eau.

Au niveau du périmètre du Tadla, l'eau du canal coûtait 0,045 Dh/m³ en 1980. Puis ce taux est passé de 0,089 Dh/m³ en 1987/88 à 0,134 Dh/m³ en 1995. Et en 2002, l'eau du canal coûtait 0,178 Dh/m³ contre 0,267 Dh/m³ pour l'eau souterraine. Actuellement, le coût de l'eau de surface vaut 0,24 Dh/m³.

6. Productivité de l'eau

La productivité de l'eau varie avec l'emplacement, le type de culture et son potentiel génétique, les conditions climatiques, la gestion de l'eau à la parcelle, les infrastructures et équipements en place, les fertilisants et autres inputs. Cette productivité fait intervenir plusieurs acteurs au niveau de la parcelle, du système d'irrigation et du bassin. Pour l'exploitant, la productivité signifie produire plus de cultures par goutte d'eau d'irrigation appliquée. Pour la collectivité, cela signifie obtenir plus de valeur par unité de ressource d'eau utilisée. L'équation de cette productivité s'écrit :

$$CWP = Y_{act} . ET_{act} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Y_{act} : rendement de la culture commercialisable (kg/ha) ;

ET_{act} : consommation saisonnière actuelle d'eau de la plante par évapotranspiration (m³/ha) ;

Kijne et al., (2003) ont développé des stratégies de perfectionnement de la productivité de l'eau de culture en intégrant les améliorations variétales et une meilleure gestion des ressources au niveau de l'exploitation et au niveau agro-climatique ; cas de l'application de l'irrigation déficitaire et de l'amélioration de la salinité au niveau de la plante. Sans irrigation, la productivité de l'eau de la plante est faible et augmente rapidement à une moindre application de l'eau d'irrigation. Une productivité maximale de l'eau ne coïncide pas toujours avec les intérêts de l'exploitant dont l'objectif principal est la maximisation de la terre. Le stress hydrique en période de croissance affecte la productivité de l'eau de la plante différemment. Un moindre stress en période de croissance n'affecte pas le rendement de la production mais réduit la croissance végétative et améliore ainsi la productivité de l'eau.

Mishra et al., (1990) ont montré que quoique l'eau d'irrigation soit préservée, il n'y a pas d'amélioration significative dans la productivité de l'eau de la plante qui reste entre 0,80 et 0,99 kg/m³.

Hatfield et al., (2001) ont révisé les effets de la gestion du sol sur la productivité de l'eau de la culture par modification de la surface du sol et par amélioration des nutriments du sol à travers l'apport d'azote et/ou du phosphore. Ainsi, toute modification de la surface du sol change le processus de l'ET_{act} et contribue positivement à cette productivité. Les nutriments affectent indirectement l'efficacité physiologique de la plante. Les valeurs optimales de l'application de la quantité de nutriments et de l'eau d'irrigation contribuent à maximiser cette productivité. Les pratiques de l'irrigation déficitaire améliorent la productivité de l'eau de la plante de plus de 200%. Les cultures sont plus efficaces avec l'eau quand elles sont stressées. Avec peu d'eau d'irrigation fournie, l'on peut atteindre le maximum de rendement.

6.1 Etude des cas

Oweiss et Hachum ont montré que l'augmentation durable en productivité d'eau de culture ne peut s'exprimer qu'à travers une gestion intégrée des ressources en champs. Cette approche combine la conservation d'eau, l'irrigation de complément, la sélection des plantes, la pratique agronomique améliorée et l'intervention institutions et des décideurs.

Wani et Pathak, Devi et Singh plaident quant à eux pour une approche intégrée de gestion d'eau, une participation communautaire, un renforcement des capacités au niveau local et l'usage des équipements scientifiques comme éléments efficaces de gestion d'eau de pluies ; gestion efficace des eaux de pluies pour une plus grande productivité d'eau des cultures et une augmentation de la recharge de l'eau souterraine.

Barker et al. (2003) ont souligné la corrélation entre la productivité de l'eau et les concepts tels que l'efficacité économique, les résultats durables et sociaux (équité, droit d'eau). Maximiser la productivité de l'eau ne pourrait être économiquement efficace si les coûts d'opportunité des autres facteurs (labour) sont pris en compte. Toutefois, lorsque l'analyse va au-delà de la pure productivité physique (rendement par unité d'eau), et aborde les propriétés économiques, l'on peut aller dans un procédé ennuyeux d'évaluer l'eau de production des coûts et d'externalités sans mentionner les valeurs sociales de l'eau.

Ong et Swallow illustrent l'importance de la consommation d'eau par les arbres sur les parcelles irriguées. Ce cas montre que la productivité de l'eau peut augmenter la foresterie et l'agroforesterie. Pour un arbre couvert, l'évaporation directe à partir du sol est inférieure à celle d'une culture ; mais les pertes en évaporation à travers l'interception par la canopée sont plus grandes.

Zwart et Bastiaanssen (2004) ont montré à travers le rendement commercialisable sur l'évapotranspiration actuelle (ET_{act}) des cultures que la productivité varie largement à travers différentes situations. La productivité dépend des pratiques agricoles et d'irrigation, des potentiels génétiques, des sols, du climat etc. Dans le cas d'une bonne gestion pastorale, la fonction de production fourragère serait complétée par une fonction de production pour la conversion de la viande et des produits laitiers. La productivité de l'eau peut être améliorée par la réduction du volume d'eau utilisée à travers des techniques d'irrigation améliorées ou des meilleures pratiques agricoles.

6.2 Amélioration de la productivité de l'eau

La productivité de l'eau dans un schéma d'irrigation est définie par l'équation :

$$W_p = \frac{\sum_y E_{vy}}{V}$$

avec E_{vy} : la valeur économique de la production y ;

z : quantité totale des productions cultivées dans le plan

V : volume annuel total de l'eau utilisée dans le plan.

E_{vy} est calculé au niveau d'un plan entier ou au niveau de la parcelle suivant l'équation :

$$E_{vy} = Q_y \cdot P_y - C_y$$

$$Q_y = R_y \cdot A_y$$

où Q_y : quantité de la production y ;

P_y : prix commercial du produit y

C_y : coûts de production dédiés au produit y

R_y : rendement du produit y

A_y : aire allouée à la production y

La compétition entre la production à l'intérieur d'un plan est subordonnée à deux variables :

1. l'allocation de l'eau entre production et son impact sur la valeur de V ;
2. la caractéristique de recadrage et son impact sur la valeur de S_y .

Pour la production fourragère, la productivité de l'eau WP_{ap} est définie par l'équation :

$$WP = \frac{\sum_{j=1}^n Ev_j}{\sum_{k=1}^m V_k}$$

Ev_j : valeur économique des produits pastoraux (lait, viande) à travers les ventes de fourrage

V_k : quantité d'eau utilisée par la culture fourragère k.

Pour les produits pastoraux, R_y correspond aux quantités de lait et de viande produites par l'animal.

7. Conclusion

Le principal déficit est l'amélioration du rendement commercialisable des cultures sans augmentation de la transpiration. Le second défi au niveau de l'exploitation est de réduire autant que possible les produits n'intervenant pas directement dans la production. Les usages variés des cultures fourragères et la valeur économique de leur combinaison sont à prendre en compte. Ils dépendront des prix des produits agricoles (lait, viande, fourrage), de la situation économique de la parcelle (épargne, liquidité) et aussi, du volume d'eau utilisée et des produits préférés par l'agriculteur.

Les agriculteurs de Tadla dépensent en moyenne 10 à 23% de leur revenu net pour les services du canal d'irrigation ; et environ 20 à 49% pour l'eau souterraine. En général, la tendance des agriculteurs est à l'utilisation des deux ressources ; ils dépensent en moyenne 17 à 35% de leur revenu dans l'eau pour la production agricole.

DEUXIEME PARTIE : PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE

CHAPITRE 1 : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

1. Introduction

La méthodologie de travail a été faite sur la base de deux points essentiels : le premier point a concerné un travail de revue bibliographique concernant la zone de l'étude (périmètre du Tadla), le fonctionnement des exploitations agricoles, les ressources en eau souterraine et leur utilisation, l'environnement autour du pompage. Le second point a consisté au suivi des exploitations sur le terrain. Dans le cadre du présent chapitre, l'accent sera particulièrement mis sur le travail de terrain.

2. Choix des exploitations

Il s'agit ici du choix des exploitations de base l'enquête (Hammani et al., 2006[18]) qui a concerné 300 exploitations du périmètre. Cette enquête avait pour objet de collecter les données de base sur la production agricole et l'environnement socio-économique des exploitations du périmètre. Elle a abouti entre autres à une typologie des exploitations en matière de stratégies d'utilisation des eaux souterraines. Les critères de cette typologie sont principalement l'accès aux ressources souterraines, l'utilisation des puits et forages à l'échelle de l'exploitation agricole, l'utilisation de l'eau de surface, l'orientation de la production végétale et de l'élevage, et la situation socio-économique. Les différents types retenus sont :

1. Type 1 : Exploitations utilisant l'eau souterraine comme unique ressource en matière d'irrigation ; moins de 5 ha de superficie, exploitation en queue du réseau et orientée vers le maraîchage et nappe peu profonde ;
2. Type 2 : Exploitations utilisant les eaux souterraines comme ressource unique (zone bour) ; exploitation orientée vers la luzerne (élevage), les céréales et la nappe peu profonde ;
3. Type 3 : Exploitations mélangeant les ressources de surface et souterraines ; exploitation orientée vers les céréales, la betterave et la luzerne avec intensification des cultures existantes ou augmentation du cheptel ;

4. Type 4 : Exploitations n'ayant pas accès aux ressources souterraines ; faible revenu, importance des problèmes fonciers ou d'héritage.

2.1 Critères de choix des exploitations de l'étude

Le choix des quatorze exploitations retenues pour la présente étude répond aux variantes de la typologie de base des 300 exploitations enquêtées (Hammani et al., 2006[18]). Ces exploitations sont choisies dans les différents sous-périmètre du Tadla comme suit (voir en annexe fiche d'identification des exploitations) :

1. Béni Amir : 7 exploitations, soit 50%
2. Béni Moussa Est : 5 exploitations, soit 36% ;
3. Béni Moussa Ouest : 2 exploitations, soit 14%.

Pour mieux évaluer les performances des exploitations, l'étude a concerné à la fois les exploitations ayant accès à l'eau souterraine et celles n'utilisant que l'eau du réseau. Le choix d'une exploitation est basé sur son emplacement au sein du périmètre, les techniques et méthodes de pompage mises en place, les cultures irriguées, le fonctionnement du réseau d'irrigation en place et le revenu généré par l'utilisation des eaux souterraines. Le choix des exploitations a été fait sur la base des principaux critères suivants :

1. La situation de l'exploitation vis-à-vis du réseau d'irrigation ;
2. La taille de l'exploitation (espèces et superficie cultivée) ;
3. L'accès à la ressource souterraine ;
4. Le dispositif de pompage ;
5. La ressource en eau utilisée.

2.2 Classification de l'échantillon enquêté des exploitations agricoles

En fonction du mode d'utilisation de l'eau, de l'accès à l'eau souterraine, de la taille de l'exploitation et des espèces cultivées, quatre types d'exploitations sont distingués :

1. Type1 (T1): Exploitations n'ayant pas accès à l'eau souterraine ; soit 29% des exploitations.
2. Type 2 (T2) : Exploitations utilisant 70 à 90% l'eau souterraine par rapport à l'eau du réseau, soit 36% des exploitations ;
3. Type 3 (T3) : exploitations utilisant 50 à 60% l'eau souterraine par rapport à l'eau du réseau ; soit 21% des exploitations ;

4. Type 4 (T4) : exploitations utilisant 30 à 50% l'eau souterraine par rapport à l'eau du réseau ; soit 14% des exploitations.

3. Méthodes et matériels

3.1 Méthodes

Le suivi sur le terrain s'est étendu en temps partiel de Décembre 2005 à Juin 2006 ; et les exploitations ont connu des visites répétées, chacune sur une période intermittente de quarante cinq (45) jours en moyenne. Ce qui a permis d'obtenir des informations sur la base des déclarations de l'exploitant et d'effectuer des mesures au niveau des parcelles. Un Interprète, prévu à cet effet assurait la traduction des discussions dans les deux sens (de Français vers Arabe et vis versa) ainsi que la traduction des documents écrits en Arabe.

- Fiche d'enquête et de suivi :

Les informations recherchées concernent la campagne agricole 2004/2005. Des fiches d'enquête et de suivi des exploitations ont été conçues comme guide d'entretien pour recueillir les d'informations. Au fil du temps, les fiches ont été adaptées pour répondre aux réalités du terrain et permettre de recouper les informations fournies par l'exploitant (voir fiche d'enquête en Annexe).

3.2 Matériels de travail

Des appareils de mesures (courantomètre électromagnétique Flo-Mate 2000, appareil de jaugeur avec déversoirs à crêtes épaisses, un réservoir de 100 litres et chronomètre ...) ont permis de déterminer au niveau du réseau et de la pompe (les débits en tête et au bout des parcelles) ; les résultats obtenus sont confrontés aux déclarations de l'exploitant, aux données fournies par l'Office ou aux données issues de l'enquête sur les 300 exploitations.

4. Approche de suivi des exploitations

Au niveau de l'exploitation, chaque visite était annoncée, au moins un à deux jours à l'avance, pour éviter les contre temps et l'indisponibilité de l'exploitant ou de son représentant. Des multiples entretiens et discussions avec les exploitants ont permis de collecter des données sur le fonctionnement des exploitations, le dispositif de pompage et l'utilisation des eaux dans l'irrigation.

4.1 Collecte des données

Il s'agit ici des données collectées dans le cadre de la présente étude sur le terrain. La collecte s'est faite au niveau des structures d'encadrement de base des exploitants (Office) et au niveau des exploitants eux-mêmes.

- Niveau Office :

1. Les données collectées au niveau de l'Office concernaient le calendrier des irrigations, le programme des tours d'eau pour chaque exploitant.
2. La collecte d'informations auprès de l'ORMVAT (DGRID, GIS, CDA, CGR,) ; les tours d'eau du réseau au niveau de chaque exploitation, les calendriers prévisionnels des irrigation pour chaque et les données pluviométriques des cinq dernières années.

- Niveau des exploitations

1. Localisation des exploitations: les responsables de l'Office (SDA, DGRID, Arrondissements, CGR et CDA) ont été impliqués dans la localisation des exploitations au niveau du sous-périmètre à partir de l'adresse hydraulique.
2. Le contact avec les exploitants ou leurs représentants par l'entremise des responsables de l'ORMVAT (SDA, DGRID, CGR et CDA) concernés. Les Aiguadiers et les Agents de distribution ont été impliqués dans l'établissement des contacts. Les détails sur la programmation des tours d'eau pour chaque exploitant afin de d'effectuer des vérifications et des mesures sont obtenus par les Aiguadiers et Agents de distribution.
3. Les données sur la production agricole (campagne 2004/2005) sont obtenues sur la base des déclarations des exploitants avec recoupement sur les données de l'enquête de base (enquête sur 300 exploitations).
4. Les données sur le coût du dispositif de pompage (moteur, pompe, accessoires, abris) et son fonctionnement (réparations et entretiens, vidange, consommation du moteur etc.) sont obtenues sur la base des déclarations de l'exploitant avec recoupement sur les vérifications de terrain.
5. Les données sur le pompage (durée d'utilisation du moteur, débit pompé, puissance) et l'eau souterraine sont obtenues sur la base des déclarations de l'exploitant les enquêtes avec recoupement sur les calendriers d'irrigation et l'usage des repères tels que les célébrations, les fêtes et les évènements ayant marqué l'année. Une synthèse d'informations est effectuée à partir du

calendrier de pompage (élaboré avec la participation de l'exploitant), des déclarations de l'exploitant et des mesures effectuées sur le terrain.

4.2 Vérification et estimation des mesures

1. Mesures, observations et relevés : les mesures de débits du réseau et de la pompe ont été effectuées ainsi que des relevés ponctuels sur la base des déclarations de l'exploitant. Le fonctionnement du dispositif de pompage a été suivi continuellement et surtout, lorsque les lâchers d'eau du réseau étaient effectifs.
2. Calculs et estimations : les calculs ont été faits à l'aide du tableur Excel, et sur la base des informations fournies (par les exploitants, les CDA et les CGR). Ce qui a permis de ressortir les performances des exploitations et d'envisager quelques effets de sensibilité de la variation de certains paramètres sur le coût moyen du m³ d'eau pompée.

4.3 Analyse

Les données collectées sont soit calculées à l'aide du tableur Excel à partir des équations simples, soit alors représentées sous forme de tableaux ou figures pour leur analyse et interprétation. Le point central du travail est l'accès à l'eau souterraine ; d'autres aspects comme la taille de l'exploitation, la production agricole et l'environnement socio-économique ont été abordés.

5. Conclusion

Concernant les mesures effectuées sur le terrain, le choix des périodes de visites des exploitations a été fait conformément aux programmations des lâchers et des tours d'eau au niveau de chaque exploitation. Par ailleurs, à défaut des données consignées ou de comptabilité précise, certaines informations pourraient être erronées ; c'est ainsi que sur la fiche de suivi et pour le même sujet, des questions sont posées sous d'autres formes dans le souci d'harmoniser les informations reçues et vérifier leur fiabilité.

CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUES DES EXPLOITATIONS

1. Introduction

Les principales espèces cultivées sont les céréales, la betterave sucrière, les cultures fourragères (luzerne, maïs, fève, bersim), l'olivier et le grenadier, les cultures maraîchères (haricot, niora et oignon). En terme d'occupation des sols, les céréales occupent une place de choix, suivis des cultures fourragères, de l'olivier et du grenadier. Les cultures maraîchères occupent une faible superficie. En fonction des rendements des cultures, une comparaison entre les différents types d'exploitation sera abordée.

Dans leur fonctionnement quotidien des activités de l'exploitation, des contraintes d'ordre technique, organisationnelle ou administratif sont rencontrées. Au rang prioritaire de ces contraintes, nous mentionnerons celles ayant trait à la gestion du réseau d'irrigation à l'échelle de l'exploitation. La structure familiale reste centralisée sur le chef de famille qui est aussi le chef de l'exploitation. Il joue un rôle clé dans l'orientation et les grandes décisions de la famille et de l'exploitation.

2. Cadre de l'étude

Une enquête a été préalablement menée sur 300 exploitations choisies au sein du périmètre (septembre à novembre 2005) à l'objet de collecter les données de base sur la production agricole et l'environnement socio-économique desdites exploitations (Hammani et al., 2005[17]). A l'issue de cette enquête, une typologie a été retenue, et quatorze exploitations répondant ont été identifiées selon les types suivants :

1. Type 1 : Exploitations utilisant l'eau souterraine comme unique ressource en matière d'irrigation ;
2. Type 2 : Exploitations utilisant les eaux souterraines comme ressource unique (zone bour) ;
3. Type 3 : Exploitations mélangeant les ressources de surface et souterraines ;
4. Type 4 : Exploitations n'ayant pas accès aux ressources souterraines

La présente étude concerne les quatorze exploitations individuelles ou collectives diversifiées sur l'ensemble du périmètre. Lorsqu'elles sont collectives, elles appartiennent à plusieurs membres issus d'une même famille. Les quatorze exploitations sont réparties comme suit (voir fiche annexe identification des exploitations suivies) :

- Béni Amir : 7 exploitations, soit 50% (CDA 501, CDA 507, CDA 509 et CDA 511);
- Béni Moussa Est : 5 exploitations, soit 36% (CDA 524, 526 et 527);
- Béni Moussa Ouest : 2 exploitations, soit 14% (CDA 536).

3. Structuration et fonctionnement des exploitations enquêtées

3.1 Structure familiale

La moyenne d'âge des exploitants est de 56 ans. 21% de notre échantillon ont moins de 40 ans et 36% ont plus de 61 ans. L'effectif moyen est de onze personnes par ménage. Dans la plupart des cas, le père demeure jusqu'à un âge avancé ou jusqu'à sa mort le chef de l'exploitation. Et, plus la famille reste unie, plus la taille de l'exploitation est importante. La cohésion au sein d'un même groupe familiale de plusieurs générations (grands parents, parents, fils et petits-fils) induit la taille de l'exploitation. Ce qui démontre d'une relation étroite entre la composition de la famille et la taille de l'exploitation. Par suite de discorde ou de mésentente entre les membres de la famille, certains sont amenés à se séparer du joug familial : une inévitable dislocation s'en suit. La dislocation des membres d'une même famille est synonyme du partage des terres et de l'effritement de la superficie. S'il est admis que la taille de l'exploitation est en équilibre avec la composition du groupe familial, la taille de la famille, ne traduit pas toujours l'équilibre avec la production en raison du nombre important des enfants de moins de dix ans.

L'âge de l'exploitant et son niveau d'instruction et celui de sa famille traduisent le plus souvent les prédispositions de la famille vis-à-vis de nouvelles stratégies et choix à faire en matière d'irrigation ou de production. Ainsi, 57% n'ont jamais bénéficié d'une formation quelconque ; 7% ont reçu une éducation coranique, 21% ont atteint quant à eux le niveau primaire et 14 % le niveau secondaire.

3.2 Environnement socio économique des exploitations

Afin de mieux comprendre le fonctionnement des exploitations et d'obtenir des informations fiables, il a fallu un suivi fréquent et rapproché des exploitations. La plus part des exploitants sont aidés dans leur travail par leurs enfants. Le père est généralement le chef de

l'exploitation et le centre de décision de la famille. L'émigration des jeunes en quête d'emploi constitue une source importante de revenu de l'exploitation. Pratiquement trois familles sur cinq ont au moins un fils résidant dans un de ces foyers d'émigration.

Les exploitations sont en général de petites tailles. La superficie totale mise en valeur est de 72,7 ha. Dans la répartition foncière, 43% des exploitations ne dépassant pas 5 ha de superficie occupent 24% des terres. Par contre, les exploitations de plus de 10 ha ne représentent que 14% des propriétés et occupent 35% de la superficie (voir tableau 4 ci-dessous). Au niveau de notre échantillonnage, le mode de faire valoir direct est prédominant ; l'agriculteur est propriétaire et exploitant.

Sur l'ensemble des exploitations suivies, 71% ont accès à l'eau souterraine dont 43% utilisent conjointement l'eau souterraine et l'eau de surface, 21% en utilisent alternativement et 7% utilisent exclusivement l'eau souterraine. 29% d'exploitants n'ont pas l'accès à l'eau souterraine. Les assolements sont constitués principalement du blé tendre, de la luzerne, olivier, bersim et betterave sucrière. Sur les quatorze exploitations suivies, dix ont des stations de pompage, soit une superficie globale de 58,3 ha, et 80% de la superficie totale.

Tableau 4 : Représentativité de la taille des exploitations suivies

Taille de l'exploitation	Surface occupée	Effectifs représenté
< 3 ha	10%	21%
3 - 6 ha	45%	50%
> 6 ha	45%	29%

(Données exploitations enquêtées)

4. Typologie des exploitations

4.1 Critères de choix des exploitations

Le choix des exploitations (devant être retenues pour l'étude) a été fait sur la base des principaux critères suivants :

1. La situation de l'exploitation vis-à-vis du réseau d'irrigation ;
2. La taille de l'exploitation et les espèces cultivées ;
3. L'accès à la ressource souterraine ;
4. Le dispositif de pompage (techniques et méthodes de pompage) ;
5. La ressource en eau utilisée.

D'autres critères secondaires comme le mode d'utilisation de la ressource eau dans l'irrigation, la profondeur de la nappe, la production animale et le revenu généré par d'autres activités extra agricoles (financement extérieur) ont été pris en compte dans la classification.

4.2 Classification des exploitations

Les critères de choix qui ont permis d'établir la typologie de l'étude sont : le mode d'utilisation de l'eau, l'accès à l'eau souterraine, la taille de l'exploitation et les espèces cultivées. Ces critères ont permis de définir une typologie regroupant les exploitations de l'étude en quatre types comme suit :

1. Type 1 (T1) : 29% de l'effectif total ; il regroupe les exploitations n'ayant pas accès à l'eau souterraine ; elles utilisent exclusivement l'eau du réseau, soit en raison de leur faible revenu, de la profondeur considérable de la nappe ou du dispositif de pompage non fonctionnel. Ces exploitations sont localisées dans le Béni Amir et le Béni Moussa de l'Ouest. La taille moyenne des exploitations est de 4 ha. Les principales cultures sont le blé tendre, la luzerne, l'olivier ; le maraîchage (oignon, niora et haricot) n'est pas cultivé. La production laitière est inférieure à 20 l/jour. Le cheptel bovin est de 8 têtes en moyenne et l'élevage ovin est presque inexistant. L'Espagne et le Portugal constituent le foyer d'émigration.
2. Type 2 (T2) : 36% de l'effectif total ; concerne les exploitations utilisant 70 à 90% l'eau souterraine par rapport à l'eau du réseau pour l'irrigation. Elles se retrouvent dans les Béni Amir et les Béni Moussa de l'Est. Le débit de pompage est compris entre 15 et 20 l/s. La profondeur de la nappe est en générale inférieure à 40 m. Les forages peuvent être individuels ou collectifs. La taille moyenne des exploitations est de 5 ha. Les principales cultures sont le blé tendre, la luzerne, les maraîchers, la betterave sucrière et quelques oliviers et grenadiers. L'élevage bovin est limité à 16 têtes en moyenne et le cheptel ovin est soit inexistant, soit alors important de l'ordre de 80 à 110 têtes. La production laitière moyenne est de 20 l/jour.
3. Type 3 (T3) : 21% des cas ; regroupe les exploitations utilisant l'eau du réseau comme complément dans l'irrigation. L'eau souterraine est utilisée avec une proportion de 50 à 60% par rapport à l'eau du réseau. Ces exploitations se retrouvent dans les Béni Amir et les Béni Moussa de l'Est avec un débit de pompage de 20 à 25 l/s ; la puissance du moteur est de l'ordre de 18 à 42 CV. Les

forages sont individuels et les profondeurs comprises entre 20 et 63m. La taille moyenne des exploitations est de 8 ha. Le blé tendre, la luzerne, et le maïs sont cultivés ; l'olivier et le grenadier sont peu développés ; et le maraîchage non pratiqué. La production bovine est de 10 têtes en moyenne par exploitation, et moins de 10 têtes pour les ovins. La production laitière est limitée entre 25 et 27 l/jour.

4. Type 4 (T4) : 14% des cas ; il concerne les exploitations utilisant l'eau souterraine comme complément dans l'irrigation ; avec un taux d'utilisation de 30 à 50% d'eau souterraine par rapport à l'eau du réseau. Elles sont localisées dans tout le périmètre. Le débit du réseau est de 20 l/s et celui du pompage de 15 à 20 l/s. La taille moyenne des exploitations est de 5ha et la profondeur varie entre 20 et 80 m. Le maïs, le blé tendre, la luzerne et un peu de maraîchers sont développés. Le cheptel varie entre 15 et 30 têtes par exploitation pour les ovins et autour de 20 têtes pour les ovins. La production laitière est importante et se situe entre 26 et 45 l/jour.

5. Description de la production agricole

5.1 Production végétale et assolements

A l'échelle du périmètre, les principales espèces cultivées sont par ordre d'importance : les céréales (avec 35% de superficie cultivées), puis viennent les cultures fourragères avec 23%, la betterave sucrière avec 17% et enfin l'olivier et grenadier avec 9%, les agrumes 6% et le reste avec le maraîchage 10% (ORMVAT, 2004).

A l'échelle de notre échantillon de l'étude, les principales cultures pratiquées sont par ordre d'importance : les céréales (le blé tendre qui occupe à lui seul 36% des superficies cultivées), puis viennent les cultures fourragères constituées de la luzerne, bersim, fève et maïs (avec 30%), la betterave à sucre (11%), l'olivier et le grenadier (17%) et les cultures maraîchères (haricot, oignon et niora) représentant 6% de la superficie cultivée (voir tableau 5 ci-dessous).

Tableau 5 : Occupation des sols par différentes cultures

Cultures	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Blé tendre	32	36
Betterave sucrière	10	11
olivier et grenadier	15	17
niora, haricot et oignon	5	6
luzerne, fève, bersim et maïs	27	30

(Données des exploitations enquêtées)

5.1.1 Estimation des rendements des cultures

5.1.1.1 Occupation des sols

Le tableau 6 ci-dessous résume les occupations des sols des différents types d'exploitations par rapport aux cultures en place. Le blé tendre taille la part importante de la superficie avec 36% de surface occupée, soit 32 ha, suivi par les cultures fourragères avec 30% (soit 27 ha). Le maraîchage occupe une faible place avec 6%, soit 5ha.

Tableau 6 : Occupation moyennes des sols par types d'exploitations et par type de cultures

Exploi- tations	blé tendre	betterave	olivier	grenadier	Total olivier + grenadier	niora	haricot	oignon	Total maraîchage	luzerne	fève	bersim	maïs	Total fourragers	Total
Type 1	1,4	1,5	1,4		1,4				0	1,7				1,7	6,0
Type 2	1,6	2	0,4	2	2,4	3	1,3	0,5	4,8	1,4	0,7	0,3		2,4	13,2
Type 3	3,9	1,0	1,1	1,4	2,5				0	1,2	3		1,4	5,6	13,0
Type 4	4,2	4,5	0,8		0,8	1,5		0,9	2,4	2,1		0,6		2,7	14,6
Total	11,1	9,0	3,7	3,4	7,1	4,5	1,3	1,4	7,2	6,4	3,7	0,9	1,4	12,4	46,8

(Données des exploitations enquêtées)

A partir de l'occupation des sols des différentes cultures, les types d'exploitations se caractérisent comme suit :

1. Type T1 : La plus grande superficie occupée par le type T1 se retrouve en cultures fourragères avec 1,74 ha au total. Comme T3, il n'est pas concerné par le maraîchage.
2. Type T2 : La plus grande superficie des exploitations du type T2 se retrouve dans les cultures maraîchères (avec 4,8 ha), puis viennent les fourrages (avec 2,4 ha), l'olivier et le grenadier (avec 2,4 ha).

3. Type T3 : La culture maraîchère est non pratiquée, il occupe la plus grande superficie (2,5 ha) pour l'olivier et le grenadier, et mieux encore pour les cultures fourragères avec un total de 5,6 ha. A la différence avec T1, on rencontre maïs et fève.
4. Type T4 : C'est le domaine du blé tendre (avec 4,2 ha), de la betterave (4,5 ha) et des maraîchers (avec 2,4 ha) ; l'allocation de l'eau du réseau est plus importante pour la betterave. Pour les cultures fourragères, sa superficie (2,7 ha), inférieure à celle de T3 (5,6 ha). En dehors des cultures maraîchères, l'accès à la ressource eau souterraine ne change pas les cultures ni le choix des assolements.

5.1.1.2 Rendements des cultures

En fonction de la superficie et de la production, les rendements des différentes cultures sont obtenus et comparés. Les meilleurs rendements obtenus sont présentés comme suit :

1. blé tendre avec 4,8 t/ha ;
2. betterave à sucre (53 t/ha) et olivier 5 t/ha pour ;
3. cultures maraîchères : oignon 83 t/ha et haricot 2 t/ha ;
4. cultures fourragères : maïs (40 t/ha), fève (45 t/ha) et luzerne (32 t/ha).

Tableau 7 : Comparaison des rendements des cultures entre les types d'exploitations

Rendement (t/ha)/Type	T1	T2	T3	T4	Moyenne
blé tendre	2,25	4,2	4,1	4,8	3,8
betterave sucrière	46,7	40	53		46,6
olivier	2,2	4	5		3,7
grenadier		11	19		15
niora		7		8	7,5
haricot		2			2
oignon		60		83	71,5
luzerne	29,5	32	27	29	29,4
fève		45			45
maïs			40	40	40

(Données des exploitations enquêtées)

En fonction du type d'exploitations, une distinction est faite entre les rendements des cultures comme suit :

- Le blé tendre : les exploitations du type T2, T3 et T4 (moyenne de 4,4 t/ha) ont un rendement presque égal au double de celui de T1 (2,25 t/ha). Et entre les exploitations qui utilisent le pompage, le rendement de T4 avec 4,8 t/ha est plus élevé que celui de T2 et de T3

(4,2 t/ha). Donc le pompage a un impact positif sur le rendement du blé en permettant aux agriculteurs d'apporter des irrigations de complément en cas de déficit en eau de surface.

- La betterave sucrière : l'influence du pompage a un faible effet sur la betterave. Néanmoins, le meilleur rendement est obtenu en T3 avec 53 t/ha (contre T1 avec 47 t/ha et T2 avec 40 t/ha). L'allocation en eau du réseau est plus importante dans l'irrigation de la betterave.

- L'olivier : le rendement de l'olivier est de 4 t/ha (pour le type T2) et 5 t/ha pour le T3 ; dans les deux cas, il s'agit d'une valeur supérieure au double du rendement de la même culture pour le type T1 (2,2 t/ha). Le pompage contribue à augmenter le rendement de olivier lorsque la proportion de l'eau souterraine utilisée est au moins de 50% par rapport à l'eau du réseau.

- Le grenadier : uniquement au sein des types T2, T3 et T4, le rendement est plus élevé en T3 (avec 19 t/ha) qu'en T2 (11 t/ha).

- Les cultures maraîchères (haricot, niora, oignon) : le meilleur rendement est obtenu lorsque l'eau souterraine est utilisée comme complément (T4) ; on obtient pour le niora et l'oignon respectivement pour le type T2 (7 t/ha et 60 t/ha) et pour le type T4 (8 t/ha et 83 t/ha).

- La luzerne : plus le pompage est important, plus le rendement est élevé. De 29 t/ha en T1 on passe à 32 t/ha en T2. Les rendements en T3 et T4 varient très peu par rapport au type T1.

- La fève et le maïs : uniquement cultivés au sein des exploitations ayant accès à l'eau souterraine, le rendement reste constant pour la même culture (respectivement 10 et 15 t/ha) entre T2, T3 et T4.

Il n'est pas comparé ici l'importance des superficies parce qu'elles sont prises en compte dans le calcul des différents rendements, au même titre que la production de chaque spéculant.

En définitive, l'accès à l'eau souterraine a un effet positif dans l'amélioration des rendements des cultures. Selon la sensibilité d'une culture à l'eau souterraine apportée (ou à la salinité due à cet apport d'eau souterraine), les rendements diffèrent selon le type d'exploitation et l'espèce cultivée : ce rendement est plus élevé en T2 (pour luzerne et fève), en T3 (pour la betterave et le grenadier) et en T4 (pour le blé et les cultures maraîchères). Pour la betterave sucrière, le volume en eau du réseau est plus important que le volume d'eau souterraine.

Tableau 8 : Rendement des cultures (t/ha)

Exploitations sans pompage						Exploitations avec pompage											
Exploitations	Type 1					Type 2					Type 3			Type 4		Moyenne	
	E1	E2	E3	E4	Moyenne	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14		
blé	2,4	1,7	0,9	4	2,25		4	4,5	4,5	4,2	3	4,5	5	4	5,7	4,4	
betterave				47	46,7		40				47	58				48,3	
olivier		0,8	2	3,8	2,2					4	8	3	4			4,8	
grenadier						10				13	19					14,0	
niora								7							8	7,5	
haricot								2								2,0	
oignon								60							83	71,5	
luzerne	38	36	23	21	29,5	40	28	30	48	14	20	34		28	31	30,3	
fève							45									45,0	
maïs											40			40		40,0	

Ei : Exploitation i (i = 1 à 14)

5.1.2 Contraintes liées à la production végétale

Il s'agit principalement ici des contraintes rencontrées par les exploitants vis-à-vis du réseau d'irrigation ou dans la gestion et le fonctionnement quotidiens de leurs exploitations. Le tableau ci-dessous récapitule les principales contraintes.

Tableau 9 : Principales contraintes liées à la gestion du réseau d'irrigation

Contraintes	BA	BME	BMO
Encadrement technique insuffisant		✓	✓
Formation et information insuffisantes des exploitants		✓	✓
Dotation en eau insuffisante au niveau des parcelles		✓	✓
Redevance en eau par trimestre	✓	✓	✓
Entretien du réseau insuffisant		✓	✓
Démarches unilatérales des autorités locales pour l'organisation des agriculteurs			✓
Dégradation du réseau	✓		
Problème de nivellement des parcelles			✓
Coût du m ³ élevé pour les exploitants	✓	✓	✓
Faible débit de l'eau du réseau	✓		
Pertes en eau d'irrigation	✓		
Problème de salinité			✓

BA : Béni Amir ; BME : Béni Moussa Est ; BMO : Béni Moussa Ouest ; (Enquête auprès des exploitations)

Les contraintes qui se posent de manière récurrente sont le coût élevé de l'eau et les problèmes liés à l'entretien du réseau d'irrigation. Globalement, il ressort au niveau de l'échantillon de l'étude les principales contraintes ci-après (voir tableau 10 ci-dessous):

1. Le coût élevé de l'eau ;
2. La redevance en eau par trimestre ;
3. La dotation en eau insuffisante ;
4. L'encadrement technique insuffisant ;

5. La formation et information insuffisantes des exploitants ;
6. Les opérations d'entretien insuffisantes.

Tableau 10 : Principales contraintes rencontrées par les exploitants

Contraintes	Récurrance
Coût de l'eau du réseau élevé	32%
Opérations d'entretien du réseau insuffisantes	28%
Encadrement technique insuffisant des exploitants	16%
Dotation en eau du réseau insuffisante	12%
Administration à décision unilatérale	4%
Nivellement des parcelles	4%
Salinité de la nappe	4%

5.2 Estimation de la production laitière

L'évolution croissante de la superficie des cultures fourragères dans le Tadla s'explique principalement par la disponibilité de la ressource en eau souterraine. L'élevage reste dominé à 70% par les bovins, puis viennent les ovins à 28% et les autres espèces représentant 2% de l'ensemble des espèces élevées. La plus grande valeur de la production laitière est obtenue dans les exploitations de type T2 (avec 16 020 l/an) et la plus faible valeur est rencontrée dans les exploitations de type T1 (8910 l/an). Le rendement le plus élevé se situe au niveau des exploitations du type T3 (6900 l/vache/an) et où le volume d'eau souterraine utilisée est supérieur (de 50 à 60%) à celui d'eau du réseau. L'accès à l'eau souterraine influence la production laitière dans le sens de l'accroissement de 36% (en T4) à 80% (en T2).

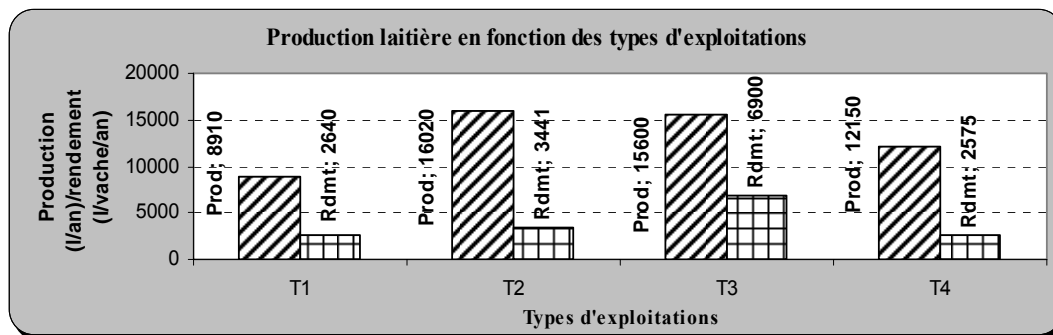


Figure 3 : Variation de la production laitière en fonction du type d'exploitations

5.3 Main d'œuvre

Dans la région, la main d'œuvre rencontrée est généralement familiale. Et lorsqu'elle n'est pas familiale, elle est temporaire ou permanente. La main d'œuvre permanente est rarement rencontrée ; il s'agit plutôt d'un métayage à rémunération fixée en fonction de la production.

La rémunération en nature est évaluée en part de la production végétale (PV), production animale (PA) et/ou production laitière (PL) à donner à l'ouvrier en contre partie du service rendu à échéance prédéfinie. Cette part de productions revenant à l'ouvrier équivaut à :

1. $\frac{1}{6} PV + \frac{1}{3} PA + \frac{1}{2} PL$ ou
2. $\frac{1}{3} PV + \frac{1}{3} PA + \frac{1}{7} PA$ ou
3. $\frac{1}{2} PA + \frac{1}{2} PL$.

Le taux de rémunération de la main d'œuvre varie en fonction des négociations entre le propriétaire et l'employé en charge de l'exploitation. Les précisions sur la prise en charge ou non par le propriétaire du logement et de la restauration de l'ouvrier sont définies avant l'exécution du contrat. En général, l'employé est nourri et logé par son employeur ; et ce qu'il perçoit au titre de salaire est généralement réglé, au quotidien ou par semaine. La flexibilité du contrat permet qu'à tout moment, le propriétaire comme l'ouvrier, chacun en ce qui le concerne, peut mettre fin audit contrat. Dans la plupart des cas, l'employé s'occupe de toute l'exploitation (production agricole).

Sur l'ensemble des exploitations suivies, 43% utilisent la main d'œuvre familiale, donc sans rémunération directe. 21% rémunèrent en nature et 36% en espèces. Dans la cadre des rémunérations en espèces, selon la taille de la parcelle et du cheptel, on distingue :

1. Salaires mensuels inférieurs à 1200 Dh ; soit 30% des cas ;
2. Salaires mensuels entre 1200 et 1500 Dh, soit 50% des cas ;
3. Salaires supérieurs à 1500 Dh/mois ; 20% des cas.

Il existe dans la région des employés payés à plus de 2 000 Dh/mois, compte tenu de la taille de la parcelle et du cheptel. On peut retenir globalement une rémunération moyenne de 40 à 60 Dh/jour qui est courante dans la région.

6. Conclusion

Sur l'ensemble de notre échantillon de l'étude, la moyenne d'âge des exploitants est de 56 ans. Ainsi, 21% et 36% ont respectivement moins de 40 ans et plus de 61 ans. De même, 85 % d'exploitants ont un niveau d'instruction ne dépassant pas le primaire 85%. La plus part des exploitants sont aidés dans leur travail par leurs enfants. Le père est le chef de l'exploitation et le centre de décision de la famille. L'émigration des jeunes en quête d'emploi constitue une source importante de revenu de l'exploitation.

Dans la répartition foncière et à l'échelle de notre échantillon de l'étude, 43% des exploitations de moins de 5 ha de superficie n'occupent que 24% des terres. Par contre, les exploitations de plus de 10 ha ne représentent que 14% des propriétés et occupent 35% de la superficie. Le mode de faire valoir direct est prédominant ; l'agriculteur est propriétaire et exploitant. Les assolements sont constitués essentiellement par le blé tendre, la luzerne et l'olivier ; puis viennent la betterave, le bersim et les maraîchers.

Le choix des exploitations est basé sur son emplacement au sein du périmètre, le dispositif de pompage, les cultures irriguées et le fonctionnement du réseau d'irrigation. La main d'œuvre rencontrée est généralement familiale. La main d'œuvre permanente est rarement rencontrée. Le métayage à rémunération fixée en fonction de la production est courant dans la région. La rémunération en nature est évaluée en part de la production végétale, production animale et/ou production laitière à donner à l'ouvrier en contre partie du service rendu. L'accès à l'eau souterraine ne change pas les cultures ni les assolements, en dehors des cultures maraîchères. Par contre, il a une influence sur l'accroissement du rendement des cultures (hormis la betterave dont l'allocation en eau du réseau est plus importante) de plus de 10% pour la luzerne, plus 81% pour l'olivier et 87% pour le blé tendre. L'accès à l'eau souterraine a également une influence sur l'accroissement de la production laitière, passant d'une augmentation annuelle de 36 à 80%. La présente étude n'a pas tenu compte de l'influence que éventuelle de cet accès sur les cultures par rapport aux intrants utilisés (semences, engrais et fertilisants, herbicides, pesticides).

CHAPITRE 3 : DISPOSITIFS ET TECHNIQUES DE POMPAGE

1. Introduction

A côté des contraintes climatiques, l'environnement socio-économique favorable de certains exploitants et le souci de vouloir améliorer la production, en quantité et en qualité, sont autant d'arguments pour développer le pompage privé à l'échelle des exploitations. Au coût non moins onéreux, le dispositif de pompage requiert non seulement des moyens financiers non négligeables pour s'en procurer, mais aussi une technique et organisation méthodiques pour pouvoir assurer sa gestion et son fonctionnement. Le pompage est avant tout un investissement destiné à produire. A ce titre, son acquisition, son installation, son fonctionnement et sa maintenance requièrent des frais supplémentaires. L'objet de ce chapitre est entre autres d'analyser l'environnement du pompage, comme équipements et dispositifs d'exploitation des eaux souterraines, à l'échelle des exploitations.

2. Environnement autour du pompage

2.1 Facteurs incitatifs du pompage

La situation pluviométrique amène les exploitants à recourir à l'eau du réseau pour irriguer les parcelles et pallier aux insuffisances climatiques et du réseau d'irrigation. Le pompage s'apparente à l'utilisation de l'eau souterraine pour l'irrigation des cultures. Et pour l'irrigation, l'exploitant trouve plus de flexibilité à utiliser l'eau du puits que l'eau de surface. Il peut à tout moment pomper l'eau et irriguer la culture de son choix ; et mieux encore s'il peut en disposer des deux ressources à la fois. De cette manière, il ne reste pas très dépendant des aléas climatiques ou sous l'obligation de se limiter aux tours d'eau périodiques qui ne satisfont pas toujours les demandes de plus en plus croissantes des exploitants. Aussi, l'exploitant se trouve réconforté par cette triple dimension de la liberté : liberté de pomper à son temps voulu, à son volume désiré et sur les cultures de son choix. Cette liberté de gestion de l'eau souterraine est non encore contraignante, contrairement à tout le dispositif réglementaire régissant l'eau de surface et dont l'usage échappe complètement à l'entendement de la majorité des exploitants. Toutefois, il n'est pas non plus certain que l'exploitant tienne compte du coût total s'il décide de pomper ou non.

2.2 Techniques d'exploitation des eaux souterraines

2.2.1 Contexte du pompage

En général, pour pallier à un déficit en eau de surface ou à un dysfonctionnement du système, les dotations en eau du réseau connaissent par moment des coupures ou retards de lâchers. Au vu de ces coupures ou retards, par souci de combler l'insuffisance de l'eau du réseau et d'augmenter le débit de l'eau, les agriculteurs ont développé des pompes privées.

Par ailleurs, la rareté de l'eau de surface a amené les exploitants à développer des stratégies pour augmenter la production agricole et améliorer ainsi leur revenu. Le creusement des puits et forages est la base de la technique d'exploitation des eaux souterraines. Le dispositif de pompage est devenu un facteur déterminant les revenus des agriculteurs. Ceux-ci préfèrent disposer d'une ressource souterraine contrôlable par eux-mêmes et qui leur confère une « sécurité » en période d'étiage. Cette mise à l'abri des contraintes liées à l'approvisionnement en eau de surface constitue une des motivations profondes qui ne peut être prise en compte dans la comptabilité de l'exploitation. Selon les moyens financiers dont disposent les agriculteurs, le creusement des puits et forages peut aller d'une vingtaine de mètres à près d'une centaine voire plus.



Figure A: Utilisation conjointe de l'eau de surface et de l'eau souterraine



Figure B : Bassin de réception de l'eau pompée pour une utilisation conjointe

(Source : Photos personnelles)

Figure 4 : Dispositifs d'utilisation conjointe de l'eau de surface et de l'eau souterraine

2.2.2 Techniques de creusement

En matière de creusement, il peut s'agir des puits, des forages ou des puits-forages. Chaque ouvrage a ses caractéristiques propres.

2.2.2.1 Caractéristiques des ouvrages

- Les puits (36% des pompages) : ce sont des ouvrages de faibles profondeurs (dépassant rarement les 30 m) ; la moyenne de l'échantillon se situe à 22 m. Les diamètres sont considérables (allant de 1,0 à 2,5 m avec une moyenne de 1,8 m). Le pompage se fait à partir de la nappe phréatique au coût moyen de 500 Dh/m de profondeur. Ces ouvrages correspondent aux exploitations du type T2, T3 et T4 à utilisation individuelle.
- Les forages (50 % des pompages) : leurs profondeurs dépassent les 35 m et parfois au-delà des 100 m selon la profondeur de la nappe ; la moyenne de notre étude se situe à 62 m. Les diamètres dépassent rarement les 0,45 m (de 0,34 à 0,45 m avec une moyenne de 0,40 m). Il est réalisé généralement à partir de l'éocène ; son coût moyen est de 140 Dh/m de profondeur. La complexité du terrain en profondeur et la profondeur de la nappe dans la région peuvent contribuer à rehausser le coût unitaire du forage. Les figures 2.2 et 2.3 représentent les ouvrages hydrauliques d'exploitation des eaux souterraines. Ils correspondent aux exploitations du type T2 lorsqu'ils sont d'utilisation collective, T3 et T4 d'utilisation individuelle.
- Les puits forages (14% des pompages) : ouvrages intermédiaires combinant les deux précédents. Ce sont de forages reliés à des puits existant qu'ils alimentent suite au tarissement de ces derniers ou pour améliorer les débits de pompage. Leurs profondeurs vont de 40 m à plus de 110 m. Le pompage se fait à partir des nappes phréatique et de l'éocène au coût moyen de 420 Dh/m de profondeur. Ils correspondent aux exploitations du type T2 à d'utilisation collective.



Figure A : Forage dans un puits



Figure B : Puits de 17 m de profondeur

(Sources : Photos personnelles)
Figure 5 : Photos puits et forages

Le tableau 11 ci-dessous, présente les dimensions des puits et forages pour chaque type d'exploitation.

Tableau 11 : Dimensions des puits et forages

N°	Ouvrages	Puits		Forage		Année de réalisation	Ouvrages
	Dimension	Diamètre	Profondeur	Diamètre	Profondeur		
	Unité	mm	m	mm	m		
1	E5	1600	30			2004	Puits
2	E6	1500	14			2000	Puits
3	E9	1000	25			1997	Puits
4	E11	2200	20			1996	Puits
5	E13	2000	20			1998	Puits
	Moyenne	1660	22				
6	E1			400	60	2000	Forage
7	E2			340	36	2004	Forage
8	E8			400	65	2002	Forage
9	E10			360	63	2000	Forage
10	E12			400	35	2001	Forage
11	E14			450	80	2000	Forage
	Moyenne			392	57		
12	E3	2000	34	400	90	2004	Puits forage
13	E4	2000	30	400	80	1995	Puits forage
14	E7	1000	20	400	30	1997	Puits forage
	Moyenne	1667	28	400	67		

(Données des exploitations enquêtées)

2.2.2.2 Hauteur totale de pompage et pertes de charges

Appelée encore Hauteur Manométrique Totale (HMT), la hauteur totale de pompage représente la somme de la hauteur géométrique totale et des pertes de charges. Le refoulement est la différence en altitude entre le niveau d'arrivée d'eau aspirée par le moteur et son niveau de refoulement par le moteur et pour fournir l'eau aux parcelles ; pratiquement à même niveau de la pompe. La hauteur HMT est définie par l'équation :

$$HMT = HMT_a + HMT_r$$

Où HMT_a = hauteur manométrique totale d'aspiration ;

HMT_r = hauteur manométrique totale de refoulement.

$$HMT_a = h_a + J_a + \frac{v^2}{2g}$$

On admet qu'à 10 % la perte de charge totale $HMT = h_a(1 + 10\%)$

où h_a : la hauteur géométrique d'aspiration (m) ; J_a : pertes de charge à l'aspiration

v : la vitesse de l'eau dans la conduite d'aspiration (m/s) ; g : la pesanteur (9,81 m/s²).

La hauteur géométrique totale est la différence d'altitude au départ et à la sortie de l'eau. Lorsque l'on pompe, le niveau de l'eau dans le puits ou forage descend et se stabilise à un niveau inférieur : c'est le "*niveau dynamique*". Après une longue période de repos, l'eau remonte et se stabilise à son niveau supérieur appelé "*niveau statique*" ou niveau de l'eau au repos. Ce rabattement entre les niveaux statique et dynamique est fonction des caractéristiques du point d'eau, du débit pompé et de la durée de pompage ; il varie entre 1,5 et 2,5 m. Plus on pompe, plus le rabattement est important et plus la zone de pompage exploite la nappe phréatique. Les pertes de charge sont constituées par les frottements de l'eau dans les tuyaux. Les pertes de charges sont généralement estimées à 10% de la profondeur de pompage. Le tableau 12 ci-dessous présente la HMT par type d'exploitation.

Tableau 12: Hauteur géométrique des différents ouvrages de pompage

Périmètre	Exploitations	Débit de pompage	Profondeur ouvrage	HGT	PDC	HMT
	Unité	l/s	m	m	m	m
BA	E3	15	94	17	2	19
	E5	16	30	20	2	22
	E9	20	25	15	2	17
	E10	25	63	10	1	11
	E12	20	35	12	1	13
	Moyenne	19	49	15	1	16
BMO	E4	15	80	20	2	22
	E14	15	80	34	3	37
	Moyenne	15	80	27	3	30
BME	E6	20	14	7	1	8
	E7	15	55	18	2	20
	E8	16	65	30	3	33
	E11	15	20	14	1	15
	E13	20	20	17	2	19
	Moyenne	17	35	17	2	19

2.3.3 Equipements de pompage

Le suivi mené auprès de quatorze exploitations, a permis d'identifier les différents équipements du dispositif de pompage. Les équipements comprennent le moteur, la pompe, les accessoires et les abris. En fonction des caractéristiques desdits équipements il sera possible d'enrichir la typologie des exploitations (voir illustration sur figure 2.4).

2.3.3.1 Caractéristiques des Moteurs

Les éléments essentiels du dispositif de pompage sont constitués du moteur, de la pompe et du puits et/ou forage. Dans le dispositif de pompage figurent le moteur, la pompe, les accessoires

comprenant la tuyauterie avec et l'abri. En matière de dispositif de pompage, pratiquement tous les exploitants ont chacun un dispositif de pompage.

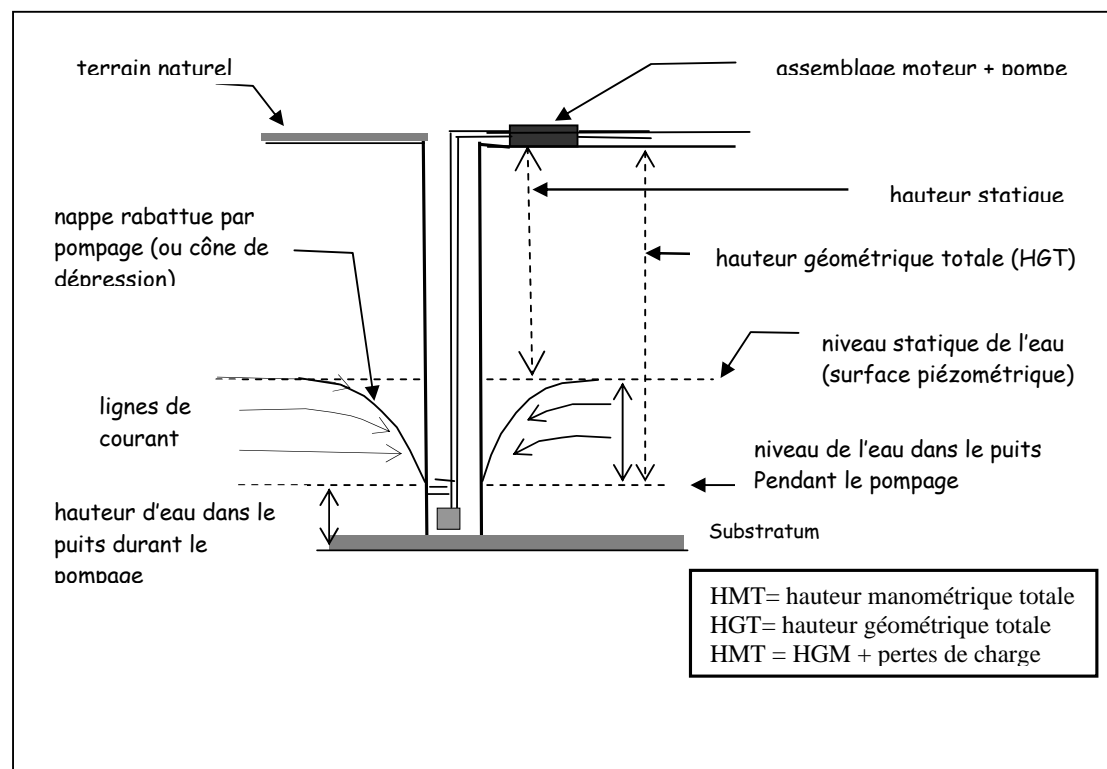


Figure 6 : Schéma d'un pompage dans une nappe libre

Cependant, certains sont devenus désuets ou non fonctionnels en raison soit des pannes graves sur le moteur et/ou la pompe, soit l'évolution de la profondeur de la nappe ; d'autres sont installés au sein de l'habitat familial et par conséquent, non spécifiquement destinés à l'irrigation. Pour les quatorze exploitations suivies, cette catégorie représente les 28 %. En revanche, dix exploitations possèdent chacune un dispositif de pompage fonctionnel pour l'irrigation des cultures. A l'échelle des exploitations, trois marques de moteur ont été identifiées dans le cadre de cette étude :

1. La marque Deutz : représente 39% des moteurs ; généralement, 60% achetés à l'état neuf et 40% acquis en occasion ;
2. La marque Lester : constitue la marque courante des moteurs (soit 46%) ; 50% achetées à l'état neuf et 50 % en occasion. Elle est par une pompe de 4,5 pouces ;
3. La marque Assad et Renault : ce sont des rares marques de moteur et représentent, soit 15% des cas.



Figure A : Moteur Assad 7 cv



Figure B : Moteur Lester 27



Figure C : Moteur Lester 8 cv



Figure D : Moteur Deutz
42 cv



Figure E : Moteur Renault
9 cv équipé d'1 pompe



Figure F : Moteur Deutz
34 cv

(Source : Photos personnelles)

Figure 7 : Photos des moteurs utilisés dans le dispositif de pompage

Le pompage fonctionne à l'aide soit de l'énergie électrique, soit de l'énergie thermique (butane ou gasoil). 86% des moteurs utilisent du carburant (moteur diesels) pour assurer leur fonctionnement. Certains moteurs utilisent du gaz butane comme source d'énergie (7%) ou l'électricité (7%). En dehors du cas du moteur utilisant l'énergie électrique, 38% des moteurs refoulent l'eau à un débit moyen d'au moins 20 l/s, contre 62 % refoulant à moins de 17 l/s.

2.3.3.2 Caractéristiques des pompes

La marque Alta est la plus courante et représente 92% des cas. La marque Rotax ne représente que 8% des cas. 62% des pompes sont achetées à l'état neuf contre 38% en occasion ; au moment de l'acquisition, l'âge varie entre deux et quatre ans. Dans la configuration des pompes, 14% des pompes sont à axe horizontal et utilisées généralement dans les zones de faible profondeur (inférieure à 30 m) ; les pompes à axe vertical immergé (86% des cas) sont répandues dans les zones où la nappe est profonde (supérieure à 30m).



(Sources : Photos personnelles)

Figure 8 : Photos des pompes utilisées dans le prélèvement de l'eau souterraine

La pompe de marque Rotaxe et la pompe électrique ont été identifiées chacune chez un seul exploitant. La première caractérise les pompes de surface dont la partie hydraulique est centrifuge. La seconde est toujours non loin des lignes de distribution du réseau électrique. Sur l'ensemble des exploitations suivies et en fonction du nombre de pouces, trois catégories de pompe se distinguent :

1. Pompe de 3,5 pouces : soit 15% des pompes ; toutes de marque Alta avec 25% des cas à axe vertical immergé et 75% à axe horizontal non immergé. De même, 75% sont achetées à l'état neuf contre 25% achetées en occasion.
2. Pompes de 4 pouces : représentent 23% des cas. Toutes sont non immergées (groupe de surface à axe horizontal et achetées à l'état neuf).
3. Pompes de 4,5 pouces : 61% des cas et toutes achetées à l'état neuf. Représentée en faible proportion, on dénombre dans cette catégorie autant de pompes achetées à l'état neuf qu'en occasion. La marque Rotaxe représente un seul des cas et les autres sont de marque Alta.

A défaut des données précises sur la pompe électrique, le régime de consommation de carburant par les moteurs varie de 1 à 3,5 l/h (avec une moyenne de 2 l/h de fonctionnement).

Le moteur à butane consomme en moyenne une bouteille de 25 kg de butane toutes les trois heures ; soit l'équivalent de 12,5 Dh/h.

2.3.4 Abris et accessoires

L'abri du dispositif de pompage comprend le bâtiment ou « hangar » où est implanté généralement le moteur. Cet abri peut être en matériaux provisoires (planches, branchages,

tôles d'aluminium), en matériaux semi durs à la toiture en tôle ondulée ou alors en béton à la toiture en dalle. Parfois, un petit réservoir en béton armé surélevé et supporté par quatre piliers de même structure est juxtaposé au dispositif de pompage. En général, l'ensemble du dispositif de pompage se trouve au sein de l'exploitation.



Figure A : Abri du moteur en matériaux provisoires



Figure B : Abri en béton



Figure C : Abri du moteur en matériaux provisoires

(Source : Photos personnelles)

Figure 9 : Abris d'installation du moteur

Les accessoires comprennent principalement la tuyauterie de pompage, les pièces de rechange du moteur ou de la pompe, la courroie de transmission et les filtres. Les filtres, les matériels de vidange et d'alimentation du moteur en carburant sont renouvelables au fur et à mesure de leur usure.

L'exploitation E2 ne figure pas dans le tableau parce qu'elle n'a pas de dispositif de pompage. Les exploitations E1, E3 et E4 ont chacune un dispositif de pompage mais qui n'a pas été fonctionnel au courant de l'année. En fonction du débit pompé (et concernant les dispositifs fonctionnels, soit 10/14 exploitations), la typologie se caractérise comme suit :

1. Débit de pompage nul : cas des exploitations du type T1 sans dispositif de pompage ;
2. Débits variables entre 15 et 20 l/s : exploitations du type T2. Ce qui représente 36 % de l'effectif total (y compris les exploitations sans dispositif de pompage ;
3. Débits très variables entre 15 et 25 l/s : type T3 ; le débit moyen est de 20 l/s, et représente 21 % de l'effectif total ;
4. Débits restreints entre 15 et 20 l/s : type T4 ; soit 14 % de l'effectif total.

Tableau 13 : Caractéristiques du dispositif de pompage

Exploi- tation	Débit refoulé	Caractéristiques du moteur				Caractéristiques pompe			Profondeur		Energie utilisée	Age
		régime	puissance	type	état	Ø	type	état	Ouvrage	eau		
	<i>l/s</i>	<i>l/h</i>	<i>CV</i>	<i>marque</i>		<i>pouce</i>	<i>marque</i>		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>ans</i>	
Catégorie 1: débits supérieurs à 20 l/s												
E6	20	1,5	27	Lester	neuf	4,5	Rotax	neuf	14	7	gasoil	2000
E9	20	1,25	8	Lester	neuf	4	Alta	neuf	25	15	gasoil	1997
E10	25	3,5	27	Deutz	neuf	4,5	Alta	occasion	63	10	gasoil	2000
E12	20	4	42	Deutz	neuf	4,5	Alta	neuf	35	12	gasoil	2001
E13	20	1,75	17	Deutz	occasion	4,5	Alta	neuf	20	17	gasoil	1998
Catégorie 2: débits inférieurs à 17l/s												
E5	16	1 btle/3h	9	Renault	occasion	4	Alta	neuf	30	20	butane	2004
E7	15	1,6	19	Lester	neuf	4	Alta	neuf	55	18	gasoil	1997
E8	16	2,2	16	Lester	occasion	4,5	Alta	occasion	65	30	gasoil	2002
E14	15	3,8	34	Deutz	neuf	4,5	Alta	occasion	80	34	gasoil	2000
E11	15	1,3	27	Lester	occasion	3,5	Alta	neuf	20	14	gasoil	1996
E1	15	1	7	Assad	occasion	3,5	Alta	occasion	60	50	gasoil	2000
E3	15	1,25	16	Deutz	occasion	4,5	Alta	occasion	94	17	gasoil	2004
E4	15	2,4	27	Lester	occasion	4,5	Alta	neuf	80	20	gasoil	1995

3. Conclusion

La situation pluviométrique amène les exploitants à recourir à l'eau du réseau pour irriguer les parcelles et pallier aux insuffisances climatiques et de l'eau d'irrigation. Et pour l'irrigation, l'exploitant trouve plus de flexibilité à utiliser l'eau du puits que l'eau de surface. Il peut à tout moment pomper l'eau et irriguer la culture de son choix. Aussi, l'exploitant se trouve réconforté par cette liberté de pomper à son temps voulu, à son volume désiré et sur les cultures de son choix.

Le pompage fonctionne à l'aide soit de l'énergie électrique, soit de l'énergie thermique (butane ou gasoil). 86% des moteurs utilisent du carburant (moteur diesels) pour assurer leur fonctionnement. Certains moteurs utilisent du gaz butane comme source d'énergie (7%) ou de l'électricité (7%). En matière de débit, 38% des moteurs refoulent l'eau à un débit moyen d'au moins 20 l/s, contre 62 % refoulant à moins de 17 l/s. A défaut des données précises sur la pompe électrique, le régime de consommation de carburant par les moteurs varie de 1 à 3,5 l/h (avec une moyenne de 2 l/h de fonctionnement).

L'abri du dispositif est de formes et de matériaux variés. En général, l'ensemble du dispositif de pompage se trouve au sein de l'exploitation.

CHAPITRE 3 : EVALUATION DU COUT DE L'EAU POMPEE

1. Introduction

Cette évaluation se reporte à l'échelle de la campagne agricole 2004/2005 ; les vérification et mesures prises sur la campagne en cours (2005/2006) sont alors reflétées sur la campagne 2004/2005. L'évaluation du coût du pompage comprend les coûts liés à l'investissement (coûts fixes) et les coûts du fonctionnement du dispositif (coûts variables). L'on tiendra compte des amortissements des différentes immobilisations corporelles dans les calculs desdits coûts.

En fonction, d'une part des tours d'eau du réseau conformément aux données des Services de l'Office, et d'autre part des évènements ayant marqué l'année (célébrations communautaires, fêtes religieuses, évènements nationaux etc.), les calendriers d'irrigation ont été élaborés de manière participative au niveau de chaque exploitation (voir calendriers des irrigation en annexe).

2. Détermination des volumes d'eau pompée

Les volumes pompés sont déterminés à partir du débit d'eau pompée et de la durée de pompage. Les débits sont déterminés à partir des mesures effectuées sur le terrain ; chaque dispositif de pompage (moteur couplé à une pompe) a un débit spécifique qui le caractérise (voir tableau 14 ci-dessous). La durée de pompage est déterminée par enquêtes menées au niveau des exploitations (fiche d'enquête en annexe) et des mesures de vérifications faites sur l'exploitation avec recoupement sur les calendriers d'irrigation. Cette durée est fonction de la durée moyenne journalière de pompage et du nombre total de jours de pompage dans l'année.

2.1 Mesures des débits de pompage

Le calcul du volume pompé est fonction de la durée de pompage et du débit de l'eau de refoulée. La durée de pompage est déterminée sur la base du calendrier d'irrigation recoupé aux déclarations de l'exploitant et vérification sur l'exploitation. Le volume pompé V_p (en m^3) s'exprime comme suit :

$$V_p = H . D_p . 3600 . 10^{-3}$$

Où H : Durée de pompage (h/an)

D_p: Débit de pompage (l/s).

Les résultats différents volumes pompés calculés pour chaque exploitation en fonction du débit refoulé et de la durée de pompage sont reportés dans le tableau 14 ci-dessous.

Tableau 14 : Volume total d'eau pompée au courant de l'année

Exploitations	Débit refoulé	Durée de pompage		Volume pompé
	<i>l/s</i>	<i>Moyenne h/j</i>	<i>h/an</i>	<i>m³/an</i>
E5	16	10	560	32 256
E6	20	8	480	34 560
E7	15	15	1 215	65 610
E8	16	12	571	32 890
E9	20	11	596	42 912
Type 2 : Moyenne		11,2	684	41 646
E10	25	12	576	51 840
E11	15	9	322	17 388
E12	20	12	1 140	82 080
Type 3 : Moyenne		11	679	50 436
E13	20	10	312	22 464
E14	15	13	1 460	78 840
Type 4 : Moyenne		12	886	50 652
Total	Total	12	2 250	142 734

Le débit de l'eau pompée est fonction de la profondeur de la nappe, de l'état de fonctionnement, de la puissance du moteur et de la pompe. Pour une même profondeur et à une même vitesse de fonctionnement, le moteur de plus grande puissance, refoulera un débit plus important. Par ailleurs, à débit égal, le moteur de plus grande puissance fonctionnera à régime normale ou modéré alors que celui de moindre puissance sera à son potentiel le plus élevé. Ce qui se répercutera plus tôt sur la consommation en énergie et plus tard sur la durée de vie des moteurs.

Les exploitations du type (E1, E2, E3 et E4) n'ont pas accès à l'eau souterraine. La différence dans le volume entre les exploitations s'explique par de la taille de l'exploitation, les cultures en place, le mode d'utilisation combinée de l'eau souterraine à l'eau du réseau et le temps de fonctionnement du dispositif de pompage. Le volume ici mentionné est celui du pompage effectivement alloué à l'irrigation ; le pompage accordé à d'autres utilisateurs n'est pas pris en compte dans le présent calcul.



Figure A : Mesure des débits à l'entrée des parcelles avec



Figure B : Mesure du débit de pompage

(Sources : Photos personnelles)

Figure 10 : Photos mesures et vérifications du débit à l'entrée et l'intérieur de la parcelle

- Vérifications des volumes d'eau du réseau

Le courantomètre électromagnétique (FLO-MATE 2000), le jaugeur avec déversoirs à crête épaisse, le réservoir de 100 litres et un chronomètre (mesure par empotement) ont permis d'effectuer et de vérifier les mesures de débits. Ces mesures ont été effectuées sur l'eau du réseau et l'eau de pompage, en tête et au bout de la parcelle et à la sortie de la conduite de refoulement ; le débit en tête de parcelle diffère en moyenne de 4 à 6% des débits en bout de parcelles. La détermination du débit s'est faite par lecture directe sur la table en fonction des données du terrain (hauteur d'eau, diamètre du canal) et par application de la formule du débit ci-après :

$$Q = K_1 * \left(\frac{h}{100} + K_2 \right) * U$$

Où h est la hauteur d'eau au-dessus du déversoir placé dans le canal semi circulaire (cm) ;

K1, K2 et U sont des constantes données par la table en fonction du diamètre du canal.

Les résultats des volumes d'eau de surface sont ceux obtenus par la même formule que ceux des débits pompés (en fonction de la durée d'irrigation et du débit du réseau fourni). Dans le calcul, le débit considéré est la moyenne entre le débit n tête et celui en queue de parcelle ; ce qui est correspond au débit fourni par le réseau d'irrigation. Les résultats différents volumes d'eau de surface fournie pour chaque exploitation sont reportés dans le tableau 15 ci-dessous.

Tableau 15 : Volume d'eau fournie par le réseau au courant de l'année

Exploitations	Débit refoulé	Durée d'irrigation	Volume pompé
	<i>l/s</i>	<i>h/an</i>	<i>m³/an</i>
E1	30	142	15 336
E2	30	461	49 788
E3	30	710	76 702
E4	20	533	38 376
Type 1 : Moyenne		461,55	45 050
E5	30	37	3 996
E6	30	94	10 152
E7	20	79	5 688
E8	20	184	13 248
E9	30	154	16 632
Type 2 : Moyenne		110	9 943
E10	30	452	48 789
E11	20	159	11 448
E12	20	20	1 440
Type 3 : Moyenne		210	20 559
E13	20	747	53 784
E14	20	1259	90 648
Type 4 : Moyenne		1003	72 216
Total		5 031	436 027

2.2 Classification des exploitations en fonction du volume d'eau pompée

Cette classification tient compte des quatorze exploitations. En fonction du volume pompé, la typologie se caractérise comme suit (conformément au tableau 2.9 du chapitre précédent) :

1. Type 1 (T1) : volume total pompé nul, le dispositif de pompage n'est pas fonctionnel ou alors non destiné à la production agricole (usage domestique) ;
2. Type 2 (T2) : le volume moyen pompé est de 41 000 m³/an ; les différents volumes sont restreints et varient de 32 000 à 65 000 m³/an ;
3. Type 3 (T3) : le volume moyen pompé annuellement est de 50 000 m³ ; il comprend une large gamme entre 17 000 et 82 000 m³/an ;
4. Type 4 (T4) : le volume annuel moyen est de 50 000 m³ ; avec des valeurs moyennement restreintes entre 22 000 et 78 000 m³/an.

2. Calcul des coûts de pompage

Plus l'équipement (moteur et pompe) est vieux, plus les pertes sont considérables : pertes dues au frottement, au réchauffement des pièces lors du fonctionnement du moteur ou aux fuites diverses au niveau des joints. Ces pertes se répercutent au niveau du débit de pompage.

2.1. Coûts fixes (amortissements)

Les Coûts fixes (pour les équipements de base) comprennent le coût du moteur, celui de la pompe et des accessoires, les frais de construction de l'abri d'installation du dispositif (moteur ou pompe) et des ouvrages annexe comme le réservoir d'eau, auxquels s'ajoutent les frais de creusement des puits et forages. Ces coûts sont obtenus à partir des déclarations de l'exploitant recoupés sur les coûts réels des équipements sur le marché local.

La valeur des immobilisations diminue avec le temps sous l'effet d'une dépréciation irréversible et continue. Cette dépréciation est fonction de la durée de vie de l'élément actif et de son fonctionnement au courant du temps. L'amortissement permet de répartir la totalité des coûts de production. La dotation aux amortissements dans le cas de notre étude est définie suivant un plan linéaire.

- Durée de vie et taux d'amortissement

La durée de vie représente le nombre d'années d'usage que l'on peut faire d'un matériel ou équipement. La durée de vie (n) est obtenue à partir des observations faites sur le fonctionnement des équipements dans la région. Une réduction de 2 ou 3 ans sur la durée de vie probable sera prise en compte dans les calculs des coûts des équipements achetés respectivement en occasion à prix élevé ou à un moindre prix. L'annuité (A) est la dépréciation annuelle de l'immobilisation. Le taux de l'amortissement constant (TA) est défini comme suit :

$$TA = \frac{100}{n} \text{ (en \%)} \quad A = \frac{V_o}{n}$$

où n : durée de vie probable du matériel ; V_o : la valeur d'achat

- Accessoires : durée de vie de 5 ans; soit un taux d'amortissement de 20%
- Moteur et pompe (achetés à l'état neuf) : durée de vie de 10 ans, et $TA = 10\%$.
- Abri en béton : durée de vie de 20 ans et $TA = 5\%$; abris en matériaux provisoires pratiquement renouvelables au plus tous les deux ans, leur TA est de 50%.
- Forages et puits : durée de vie de 25 ans; soit un TA correspondant de 4%.

En fonction de la durée de vie de l'immobilisation achetée à une valeur initiale (V_o), r sa valeur nette actualisée (VNA) est déterminée comme suit :

$$\text{Annuité} = V_o.TA \quad \sum \text{Amortissements} = V_o.TA.n \quad VNA = V_o - \sum \text{Amortissements}$$

où V_o : valeur initiale de l'immobilisation TA : taux d'amortissement.

A l'année i , la valeur actualisée de l'immobilisation est : $V_i = V_o \left(1 - \frac{i}{n} \right)$

où V_i représente la valeur à l'année i ; n : durée de vie probable ($0 < i < n$).

Les résultats des calculs effectués sur la base du procédé constant sont présentés dans le tableau 16 ci-dessous. Au de là de la durée de vie probable de l'équipement, sa valeur économique est nulle ; c'est ce qui explique les zéros des VNA dans le tableau 16 ci-dessous.

Tableau 16: Valeur nette actualisée (VNA) d'un moteur

Exploitation E12		Moteur acheté à l'état neuf		Prix : 20 000 Dh	Année : 2000
Année	Valeur d'origine	Taux d'amortissement	Annuité	Σ Amortissements	Valeur actualisée
Moteur	V_o (Dh)	TA (Dh)	(Dh)	(Dh)	VNA (Dh)
2000	20 000	10%	2 000	2 000	18 000
2001	20 000	10%	2 000	4 000	16 000
2002	20 000	10%	2 000	6 000	14 000
2003	20 000	10%	2 000	8 000	12 000
2004	20 000	10%	2 000	10 000	10 000
2005	20 000	10%	2 000	12 000	8 000
2006	20 000	10%	2 000	14 000	6 000
2007	20 000	10%	2 000	16 000	4 000
2008	20 000	10%	2 000	18 000	2 000
2009	20 000	10%	2 000	20 000	0
2010	20 000	10%	2 000	20 000	0

Considérant le taux d'amortissement des équipements, le coût moyen de toutes les exploitations en terme d'investissement initial est de 51 275 Dh pour ceux achetés à l'état neuf (et 27 467 Dh pour ceux acquis en occasion). Ces équipements perdent chaque année une valeur estimée à 4 590 Dh (et 2 848 Dh pour ceux d'occasion). La moyenne des amortissements cumulés en fin 2005 est de 28 941 Dh (et 12 861 Dh pour ceux achetés en occasion). Après amortissement, la valeur nette actualisée est de 22 334 Dh pour ceux achetés à l'état neuf (et 14 606 Dh pour ceux achetés en occasion). Les calculs des moyennes ne tiennent compte que des dispositifs fonctionnels. Les résultats des calculs concernant les équipements de pompage des exploitations sont reportés dans le tableau 17 ci-dessous où il est distingué les équipements achetés à l'état neuf de ceux acquis en occasion.

Tableau 17 : Récapitulatif des coûts d'équipements de pompage

Equipe- ments	Exploi- tation	Année	Coût initial (Dh)	Annuité (Dh)	Σ Amortissements (Dh)	VNA (Dh)	Observation
Achetés à l'état neuf	E2	2004	32 500	3 160	6 320	26 180	non fonctionnel
	E3	2004	48 540	4 202	8 403	40 137	non fonctionnel
	E6	2000	46 000	4 260	25 160	20 840	Fonctionnel
	E7	1997	69 500	5 000	42 600	26 900	Fonctionnel
	E9	1997	44 000	4 120	24 120	19 880	fonctionnel
	E10	2000	46 875	4 715	26 760	20 115	fonctionnel
	E12	2001	63 250	5 910	29 550	33 700	fonctionnel
	E13	1998	36 500	3 605	27 640	8 860	fonctionnel
	E14	2000	52 800	4 520	26 760	26 040	fonctionnel
	Moyenne		51 275	4 590	28 941	22 334	
D'occasion	E1	2000	29 600	3 244	18 864	10 736	non fonctionnel
	E4	1995	42 300	4 512	32 332	9 968	non fonctionnel
	E5	2004	25 000	2 355	4 710	20 290	fonctionnel
	E8	2002	32 400	3 468	13 172	19 228	fonctionnel
	E11	1995	25 000	2 720	20 700	4 300	fonctionnel
	Moyenne		27 467	2 848	12 861	14 606	

Dans le tableau 18 ci-dessous, sont reportés les résultats des opérations de calcul concernant les différentes immobilisations.

2.2 Coûts variables

Ils englobent les frais de fonctionnement du moteur (frais liés à la consommation du carburant), les frais de vidange, d'entretien et de réparation du moteur et de la pompe ou de renouvellement des pièces diverses (y compris les changements des filtres).

La main d'œuvre utilisée est familiale ; elle n'est pas comptabilisée. Le coût de consommation du moteur (C_m) est le produit du régime de fonctionnement (R), de la durée annuel de pompage (D) et du coût unitaire de l'énergie utilisée à sa valeur au courant de ladite campagne (soit 6,81 Dh/l). Ce coût vaut :

$$C_m = R \cdot D \cdot 6,81$$

Où C_m : coût consommation moteur (Dh)

R : régime de consommation du moteur (l/h) et 6,81 représente le coût unitaire du carburant.

La consommation du moteur (CM) vaut : $CM = De.D.3600.10^{-3}$

La durée annuelle de pompage est le produit du nombre de jours de pompage par la durée moyenne journalière de pompage.

Tableau 18 : Amortissements et valeurs nettes actualisées des immobilisations

Exploitations		E12	E10	E14	E2	E3	E9	E6	E13	E7	Moyenne	E8	E1	E5	E11	E4	Moyenne
Année investissement		2001	2000	2000	2004	2004	2000	2000	1998	1997	neufs	2002	2000	2004	1996	1995	occasions
Coût initial (Dh)	Moteur	30 000	20 000	20 000	14 000	15 000	18 000	20 000	16 000	16 000	18 778	8 000	10 000	6 000	8 000	12 000	8 800
	Pompe	20 000	14 000	15 000	10 000	16 000	12 000	14 000	14 000	12 000	14 111	10 000	8 000	5 000	6 000	8 000	7 400
	Abris	6 000		2 000	2 000		8 000	6 000	2 500	6 000	4 643	700	5 000	10 000	5 000	500	4 240
	Accessoires	2 000	5 000	1 800	2 500	2 500	3 000	2 000	2 000	3 000	2 644	2 000	3 000	2 000	3 000	4 000	2 800
	Puits/forage	5 250	7 875	14 000	4 000	15 040	3 000	4 000	2 000	32 500	9 741	11 700	3 600	2 000	3 000	17 800	7 620
	Total	63 250	46 875	52 800	32 500	48 540	44 000	46 000	36 500	69 500	48 885	32 400	29 600	25 000	25 000	42 300	30 860
Annuités (Dh)	Moteur	3 000	2 000	2 000	1 400	1 500	1 800	2 000	1 600	1 600	1 878	1 000	1 250	750	1 000	1 500	1 100
	Pompe	2 000	1 400	1 500	1 000	1 600	1 200	1 400	1 400	1 200	1 411	1 250	1 000	625	750	1 000	925
	Abris	300	0	100	100	0	400	300	125	300	181	350	250	500	250	500	370
	Accessoires	400	1 000	360	500	500	600	400	400	600	529	400	600	400	600	800	560
	Puits/forage	210	315	560	160	602	120	160	80	1 300	390	468	144	80	120	712	305
	Total	5 910	4 715	4 520	3 160	4 202	4 120	4 260	3 605	5 000	4 388	3 468	3 244	2 355	2 720	4 512	3 260
Σ Amortissements (Dh)	Moteur	15 000	12 000	12 000	2 800	3 000	10 800	12 000	12 800	14 400	10 533	4 000	7 500	1 500	8 000	12 000	6 600
	Pompe	10 000	8 400	9 000	2 000	3 200	7 200	8 400	11 200	10 800	7 800	5 000	6 000	1 250	6 000	8 000	5 250
	Abris	1 500	0	600	200	0	2 400	1 800	1 000	2 700	1 133	700	1 500	1 000	2 500	500	1 240
	Accessoires	2 000	5 000	1 800	1 000	1 000	3 000	2 000	2 000	3 000	2 311	1 600	3 000	800	3 000	4 000	2 480
	Puits/forage	1 050	1 890	3 360	320	1 203	720	960	640	11 700	2 427	1 872	864	160	1 200	7 832	2 386
	Total	29 550	27 290	26 760	6 320	8 403	24 120	25 160	27 640	42 600	24 205	13 172	18 864	4 710	20 700	32 332	17 956
Valeur nette actualisée	Moteur	15 000	8 000	8 000	11 200	12 000	7 200	8 000	3 200	1 600	8 244	4 000	2 500	4 500	0	0	2 200
	Pompe	10 000	5 600	6 000	8 000	12 800	4 800	5 600	2 800	1 200	6 311	5 000	2 000	3 750	0	0	2 150
	Abris	4 500	0	1 400	1 800	0	5 600	4 200	1 500	3 300	3 510	0	3 500	9 000	2 500	500	3 100
	Accessoires	0	0	0	1 500	1 500	0	0	0	0	333	400	0	1 200	0	0	320
	Puits/forage	4 200	5 985	10 640	3 680	13 837	2 280	3 040	1 360	20 800	7 314	9 828	2 736	1 840	1 800	9 968	5 234
	Total VNA	33 700	19 585	26 040	26 180	40 137	19 880	20 840	8 860	26 900	24 680	19 228	10 736	20 290	4 300	9 968	12 904

Le coût total fonctionnement de l'exploitation comprend le coût d'entretien (de la pompe et du moteur), le coût de la vidange, les frais de réparations et le coût de consommation du moteur. Les frais de la vidange, de réparation et d'entretien sont obtenus sur la base des déclarations de l'exploitant. Le coût moyen de fonctionnement s'élève à 14 828 Dh/an pour les dix exploitations utilisant le pompage pour l'irrigation. La valeur nulle correspond à une dépense non engagée dans la rubrique correspondante. Les résultats des opérations effectuées sur le tableur Excel sont reportés dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19 : Coûts de fonctionnement des exploitations (charges variables)

Exploitations	Année	Entretien (Dh)		Vidange	Réparation	Durée	Consommation	Total
		Moteur	Pompe	Dh	Dh	heures	Dh	Dh
E5	2004	500	1 000	150	2 000	560	6 483	10 133
E6	2000	1 000	1 000	210	500	480	4 903	7 613
E7	1997	800	1 000	150	0	1 215	13 239	15 189
E8	2005	700	1 000	150	500	571	7 777	10 127
E9	2000	1 500	1 500	220	1 000	596	5 073	9 293
E10	1997	1 000	2 000	150	500	576	13 729	17 379
E11	1993	800	500	150	0	322	2 851	4 301
E12	2001	800	1 200	0	500	1 140	31 054	33 554
E13	1998	1 200	1 000	600	1 000	312	3 612	7 412
E14	2001	1 500	1 000	150	800	1 460	29 828	33 278
Moyenne		980	1 120	193	680	723	11 855	14 828

2.3 Coût total de pompage

Il englobe les coûts fixes (coût investissements) et les coûts variables (coût fonctionnement).

Les résultats sont reportés dans le tableau 20 ci-dessous.

Tableau 20 : Coût total de pompage du volume d'eau pompée par chaque exploitation

N°	Exploitation	Année	Equipement (Dh)	Fonctionnement (Dh)	Durée (h)	Coût total (Dh)	Volume (m ³ /an)
1	E11	1996	4 300	4 301	322	8 601	17 388
2	E13	1998	8 860	7 412	312	16 272	22 464
3	E5	2004	20 290	10 133	560	30 423	32 256
4	E8	2002	19 228	10 127	571	29 355	32 890
5	E6	2000	20 840	7 613	480	28 453	34 560
6	E9	2000	19 880	9 293	596	29 173	42 912
7	E10	2000	19 585	17 379	576	36 964	51 840
8	E7	1997	26 900	15 189	1215	42 089	65 610
9	E14	2000	26 040	33 278	1460	59 318	78 840
10	E12	2001	33 700	33 554	1140	67 254	82 080
Moyenne			21 703	15 998	768	37 700	49 272

La variation du volume d'eau pompée est proportionnelle au coût de pompage de l'exploitation, et non forcément à la puissance du moteur. Le débit pompé devient faible au-

delà d'une certaine profondeur. Aussi, deux moteurs de différentes puissances peuvent débiter un même volume en fonction de la durée de fonctionnement de la pompe (temps de pompage), de la vitesse du moteur et du débit refoulé. Un même débit peut être refoulé à différentes profondeurs et vitesses de fonctionnement du moteur. La différence au niveau du coût du m³ d'eau pompée s'explique par le coût du dispositif, la durée de pompage et le volume pompé. Les résultats des opérations faites à l'aide du tableur Excel pour le calcul du coût de l'eau pompée pour chaque exploitation sont reportés dans le tableau 21 ci-dessous.

Tableau 21 : Coût du m³ d'eau pompée

Exploitations	Année	Equipement (Dh)	Fonctionnement (Dh)	Durée (h)	Coût total (Dh)	Volume (m3/an)	Coût de l'eau (Dh/m3)
E5	2004	20290	10 133	560	30 423	32 256	0,9432
E6	2000	20840	7 613	480	28 453	34 560	0,8233
E7	1997	26900	15 189	1215	42 089	65 610	0,6415
E8	2002	19228	10 127	571	29 355	32 890	0,8925
E9	2000	19880	9 293	596	29 173	42 912	0,6798
E10	2000	19585	17 379	576	36 964	51 840	0,7130
E11	1996	4300	4 301	322	8 601	17 388	0,4947
E12	2001	33700	33 554	1140	67 254	82 080	0,8194
E13	1998	8860	7 412	312	16 272	22 464	0,7244
E14	2000	26040	33 278	1460	59 318	78 840	0,7524
Moyenne		19 962	14 828	723	34 790	46 084	0,7484

Comparativement à l'eau du réseau qui coûte **0,24 Dh/m³**, le coût moyen du pompage qui est de **0,75 Dh/m³** reste très élevé. Il vaut deux à quatre fois celui du réseau et varie de 0,49 à 0,89 Dh/m³ d'eau pompée. Cette variabilité du coût est à nuancer compte tenu du fait que :

1. dans les immobilisations corporelles, la valeur du terrain n'est pas prise en compte dans le calcul des annuités et des amortissements ;
2. l'amortissement des immobilisations ne dépend pas uniquement de sa durée de vie, mais aussi de son temps de fonctionnement ;
3. la durée de vie des équipements achetés en occasion est d'une estimation peu précise, car aucune indication sur la durée de fonctionnement ni l'année de première utilisation, n'est donnée à l'acquéreur lors de la négociation du prix.

2.4 Classification en fonction du coût de l'eau pompée

Le coût de l'eau pompée varie de 0,49 à 0,94 Dh/m³. En fonction du coût du m³ d'eau pompée pour chaque exploitation, la typologie se caractérise comme suit :

1. Type T1 : exploitations n'utilisant aucun dispositif de pompage ; soit 29% des cas ;

2. Type T2 : le coût moyen du m^3 d'eau pompée est de 0,79 Dh ; il est compris entre 0,64 et 0,94 Dh ; soit 36% des exploitations.
3. Type T3 : le coût moyen du m^3 d'eau pompée est de 0,67 Dh ; il est compris entre 0,49 et 0,82 Dh ; soit 21% des exploitations.
4. Type T4 : le coût moyen de l'eau pompée est de 0,75 Dh/m^3 ; il est compris entre 0,72 et 0,75 Dh/m^3 ; soit 14% des cas.

2.5 Relation entre le coût de pompage et le volume pompé

A l'allure générale des courbes de la figure 11 ci-dessous, le débit de pompage est proportionnel à la puissance du moteur : plus la puissance du moteur est élevée, plus le débit de pompage est important. Ce qui traduit une proportionnalité entre le volume pompé, le coût total et la puissance du moteur.

Le coût de pompage est proportionnel au volume d'eau pompé. Plus le volume est important, plus le coût de fonctionnement est important et plus le coût de pompage est élevé, pour tous les types d'exploitations. Le coût de pompage implique directement le coût de fonctionnement du dispositif, les frais de consommation d'énergie par le moteur ainsi que les frais de réparation et entretien courants.

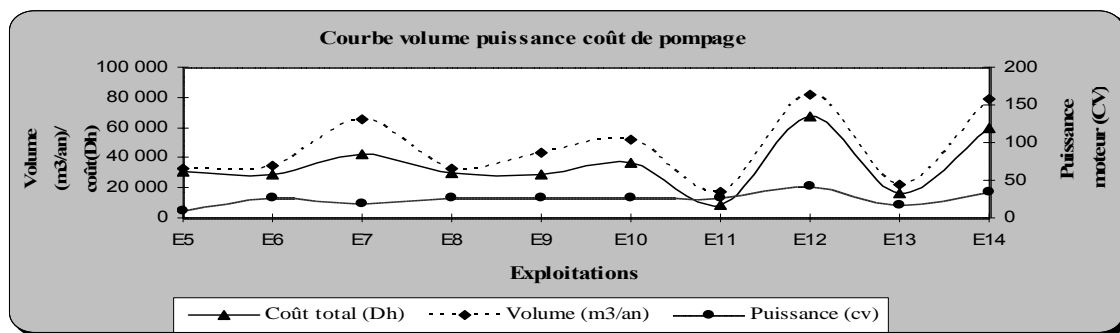


Figure 11 : Courbes volume - puissance - coût du pompage

Quelque soit le type d'exploitation, le volume pompé est faible entre décembre et janvier (inférieur à 5000 m^3) ; puis il croît progressivement dès février pour atteindre le maximum entre avril juin (avec 30000 m^3 pour T2 en mai, 13000 m^3 pour T3 en mai et 14000 m^3 pour T4 en juin). Ce volume décroît légèrement par la suite et reste largement supérieur à la valeur de décembre - janvier.

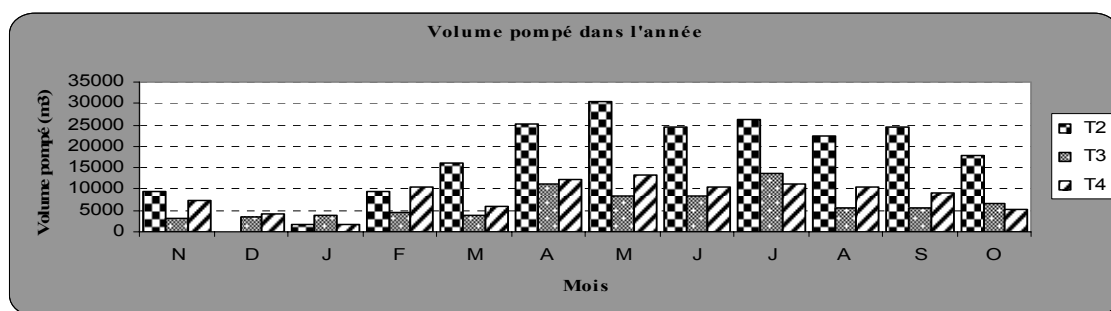


Figure 12 : Répartition du volume pompé en fonction du type d'exploitation

A partir des précipitations, des volumes d'eau du réseau (obtenus des services de l'Office) et des prélèvements par pompage au niveau des exploitations, les apports des différentes sources d'eau sont représentés dans le tableau 22 ci-dessous par ordre de volume total croissant et en fonction du type d'exploitation.

Tableau 22 : Performances des exploitations par rapport aux ressources en eau utilisée

Exploitations	superficie	Réseau		Pompage		Apports annuels en eau				Rapport (1) / (2)
		débit	durée	débit	durée	pluies	réseau (1)	pompage (2)	Total	
Unité	ha	l/s	h	l/s	h	m³	m³	m³	m³	
Type 1										
E1	1	30	142		0	2 130	15 336	0	17 466	
E4	3,1	20	533		0	6 603	38 376	0	44 979	
E2	4,3	30	461		0	9 159	49 788	0	60 567	
E3	6	30	710,2		0	12 780	76 702	0	89 244	
Type 2										
E5	4	30	37	16	560	8 520	3 996	32 256	44 772	12%
E6	6,1	30	94	20	480	12 993	10 152	34 560	55 329	29%
E8	4,5	20	184	16	571	9 585	13 248	32 890	55 723	40%
E9	4,5	30	154	20	596	9 585	16 632	42 912	69 129	39%
E7	4,3	20	79	15	1 215	9 159	5 688	65 610	80 457	9%
Type 3										
E11	3	20	159	15	322	6 390	11 448	17 388	35 226	66%
E10	6,6	30	451,75	25	576	14 910	48 789	51 840	115 566	94%
E12	13,9	20	1008	20	1 140	29 607	72 576	82 080	128 967	88%
Type 4										
E14	5,6	20	1259	15	1 460	11 928	90 648	78 840	54 048	115%
E13	5,4	20	747	20	312	11 502	53 784	22 464	87 750	239%
Moyenne	5,1	25,4	406	18,0	532	11 027	34 875	33 721	65 498	

3. Conclusion

Comparativement à l'eau du réseau qui coûte 0,24 Dh/m³, le coût moyen du pompage qui est de 0,75 Dh/m³ reste très élevé. Il vaut deux à quatre fois celui du réseau et varie de 0,49 à 0,89 Dh/m³ d'eau pompée. Le coût de pompage est proportionnel au volume d'eau pompé. Plus le volume est important, plus le coût de fonctionnement est important et plus le coût de pompage est élevé, pour tous les types d'exploitations. Le coût de pompage implique directement le coût de fonctionnement du dispositif, les frais de consommation d'énergie par le moteur ainsi que les frais de réparation et entretien courants.

Le débit de pompage est proportionnel à la puissance du moteur : plus la puissance du moteur est élevée, plus le débit de pompage est important. Ce qui traduit de manière générale un rapport entre le volume pompé et le coût total la puissance du moteur.

Quelque soit le type d'exploitation, le volume pompé est faible entre décembre et janvier (inférieur à 5000 m³) ; puis il croît progressivement dès février pour atteindre le maximum entre avril juin (avec 30000 m³ pour T2 en mai, 13000 m³ pour T3 en mai et 14000 m³ pour T4 en juin). Ce volume décroît légèrement par la suite et reste largement supérieur à la valeur de décembre - janvier.

CHAPITRE 4 : ANALYSE DES PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS

1 Introduction

La performance traduit ici une amélioration des rendements des cultures par rapport à une situation de référence que sont les rendements des cultures n'utilisant pas l'eau souterraine.

La performance mesure le niveau de réalisation des objectifs de départ. Ce niveau est exprimé par plusieurs paramètres choisis comme indicateurs des résultats ou critères d'évaluation desdits objectifs. Toutefois, l'appréciation de la performance d'un système tel que le pompage est différente selon qu'il s'agisse du point de vue de la collectivité, de l'exploitant, de quelques groupes d'exploitants ou d'une Administration. Le présent rapport met l'accent sur les performances de l'utilisation des eaux souterraines à l'échelle des exploitations et dans le cadre de la production agricole ; il s'agit des performances agronomiques et des performances agro-économiques.

2 Contexte de l'analyse

Les performances des exploitations sont définies ici par rapport aux modes d'utilisation des ressources en eau pour la production agricole. Il s'agit de ressortir d'une part les performances techniques (ou hydrauliques) de différents types d'exploitations en fonction du mode d'utilisation des ressources en eau (eau du réseau et/ou eau souterraine), du volume d'eau utilisée et des rendements des espèces irriguées. D'autre part, il importe de ressortir les performances agro économiques par rapport aux coûts (des facteurs de production et des ressources en eau utilisées) et aux rendements des différentes spéculations.

3 Identification des critères de performances

Deux critères de performances sont identifiés pour évaluer les types d'exploitation de notre échantillon d'étude : il s'agit des performances agronomiques et agro-économiques. Les premières expriment les rendements des différentes cultures (en t/ha) par rapport au volume des ressources d'eau utilisée ; et les seconds expriment les performances des exploitations par rapport aux mêmes rendements des cultures mais cette fois en fonction des coûts des ressources en eau utilisées. Le coût de l'eau de surface est celui en vigueur et fixé par l'Office

à 0,24 Dh/m³ celles-ci. Le coût de l'eau souterraine est le résultat de notre étude qui situe la moyenne du m³ d'eau pompée à 0,75 Dh.

3.1 Performances agronomiques

En fonction des volumes provenant des différentes ressources (eau des pluies, eau de surface et eau souterraine) en eau alloués aux cultures et les rendements des spéculations sont dégagés selon le type d'exploitation. Il s'agit de déterminer la part (en terme de contribution) de chaque ressource en eau (eau souterraine et eau de surface) dans le rendement des cultures. Les contributions des ressources en eau dans les rendements des cultures concernent l'eau souterraine et l'eau du réseau, dans une moindre mesure l'eau des pluies.

Les opérations de calcul effectuées sur le tableur Excel à partir des données obtenues sur la base des déclarations des exploitants. Le tableau 23 ci-dessous présente les rendements moyens par spéculation en fonction de différentes contributions des ressources en eau utilisées.

Tableau 23 : Contribution des ressources en eau dans le rendement des cultures par rapport à leur volume

Types	Super- ficie	volume d'eau				Rende- ment	Contribution de l'eau			Pourcentage		
		pl	R	P	Total		pl	R	P	pl	R	P
Unité	ha	m3	m3	m3	m3	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	%	%	%
Betterave												
T3	0,9	1 791	8 798	5 076	13 127	52,5	7,2	35,2	20,3	14	67	39
T1	1	1 054	13 428	0	14 482	46,7	3,4	43,3	0,0	7	93	0
T2	2	2 873	6 682	7 488	17 043	40,0	6,7	15,7	17,6	17	39	44
Blé tendre												
T1	1,8	1 876	13 617		15 493	2,3	0,3	2,0	0,0	13	87	0
T4	4,2	1 509	15 340	10 908	27 757	4,9	0,3	2,7	1,9	5	55	39
T2	3,2	2 514	4 169	2 880	9 563	4,2	1,1	1,8	1,3	26	44	30
T3	3,9	5 601	13 522	12 480	31 602	4,2	0,7	1,8	1,6	18	43	39
Luzerne												
T1	1,7	3 650	19 742		23 392	29,5	4,6	25,9	0,0	16	84	0
T4	2,1	3 195	17 890	22 788	43 873	29,4	2,1	12,0	15,3	7	41	52
T2	1,5	3 355	2 433	13 635	19 422	32,5	5,6	4,1	22,8	17	13	70
T3	1,3	2 556	6 057	11 682	20 295	44,7	5,6	13,3	25,7	13	30	58
Niora												
T2	1	639	0	13 878	14 517	7,0	0,3	0,0	6,7	4	0	96
T4	2	4 260	12 528	17 280	34 068	8,0	1,0	2,9	4,1	13	37	51
Oignon												
T2	0,5	1 065	576	16 284	17 925	60,0	3,6	1,9	54,5	6	3	91
T4	1,1	2 343	11 535	7 560	21 438	83,0	9,1	44,7	29,3	11	54	35
Olivier												
T1	1,7	1 917	14 077		15 994	3,8	0,5	3,3		13	87	
T3	8,9	2 680	8 641	8 856	20 177	3,5	0,5	1,5	1,5	13	43	44
T2	0,5	1 065	2 308	6 912	10 285	4,0	0,4	0,9	2,7	10	22	67

En fonction de l'utilisation des ressources en eau, quatre types d'exploitations sont distinguées et représentées comme suit :

1. T1 : exploitations utilisant l'eau du réseau seule.
2. T2 : exploitations utilisant 70 à 90% l'eau souterraine par rapport à l'eau du réseau.
3. T3 : exploitants utilisant 50 à 60% l'eau souterraine.
4. T4 : exploitants utilisant 30 à 50% l'eau souterraine par rapport à l'eau du réseau ;

(Dans le tableau, R = eau du réseau, P = eau souterraine, pl = eau des pluies et Rdmt = rendement).

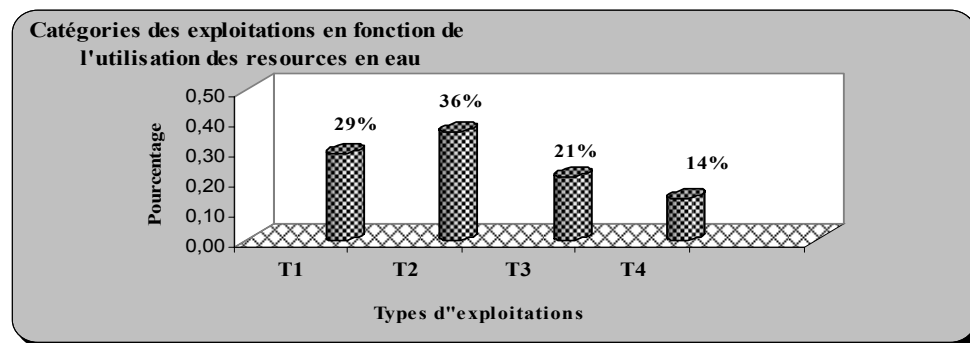


Figure 13 : Types d'exploitations en fonction de l'utilisation des ressources en eau

- Contribution des ressources en eau dans le rendement des cultures

Les rendements des cultures sont obtenus sur la base des déclarations des exploitants (production et superficie de chaque espèce). En fonction des volumes provenant des ressources en eau (ci-haut mentionnées) allouées aux cultures et des rendements de celles-ci, il s'agit de déterminer la contribution (en terme d'apport) de chaque ressource en eau (eau souterraine et eau de surface) dans le rendement des cultures. A partir des données du tableau 22 ci-dessus, les contributions de l'eau souterraine et de l'eau du réseau (si possible de l'eau des pluies) dans les rendements des cultures (betterave sucrière, blé tendre, luzerne, haricot, niora, oignon et olivier) se présentent comme suit :

- la betterave sucrière

La contribution moyenne des différents types d'exploitations et différentes ressources en eau dans le rendement de la betterave à sucre, se présente comme suit par ordre décroissant :

1. T3 (52,5 t/ha): la contribution de l'eau souterraine est évaluée à 20 t/ha, soit 39% dans le rendement de la betterave. La contribution de l'eau du réseau est de 35 t/ha, soit 67% du rendement.
2. Type T1 (46,7 t/ha : contribution unique de l'eau du réseau évaluée à 93%.
3. Type T2 (40 t/ha) : contribution de l'eau du réseau de 39% ; apport d'eau souterraine 44%.

Sans pompage, le rendement de la betterave est de 46,7t/ha. Un apport modéré d'eau de pompage (cas T3) contribue à une augmentation du rendement de 11% (pour un rendement global de 52,5 t/ha). Ce rendement devient plus faible (40 t/ha) lorsque le pompage est plus important (T2) ; le pompage intensif a un impact négatif sur le rendement. Le meilleur rendement est obtenu avec une proportion modérée de combinaison d'eau souterraine et d'eau de surface (type T3, soit 52,5 t/ha).

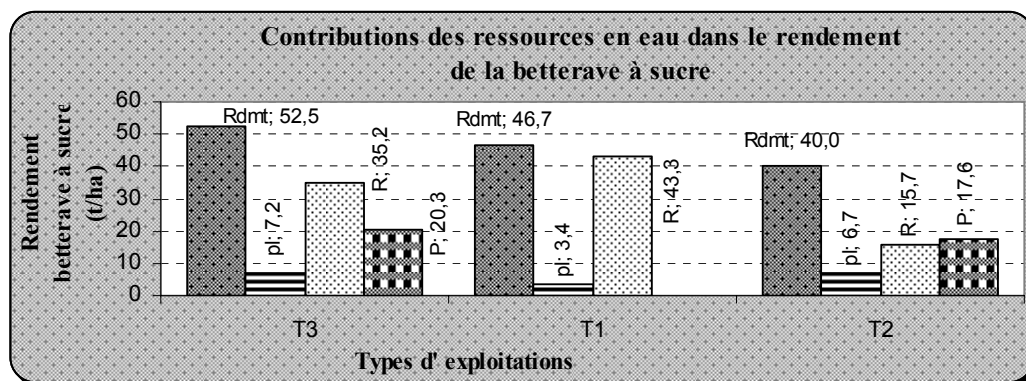


Figure 14 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de la betterave à sucre

- le blé tendre

Dans le rendement du blé tendre, on obtient par ordre décroissant les rendements suivants :

1. T4 (4,9 t/ha) : contribution de l'eau du réseau 2,7 t/ha (55%) ; contribution de l'eau souterraine 1,9 t/ha (40%).
2. T2 (4,2 t/ha) : contribution de l'eau du réseau 1,8 t/ha (44%); contribution de l'eau souterraine 1,3 t/ha (30%).
3. T3 (4,2 t/ha) : contribution de l'eau du réseau 1,8 t/ha (43%); contribution de l'eau souterraine 1,6 t/ha (39%).
4. T1 (2,3 t/ha) : contribution de l'eau du réseau 2 t/ha (87%), aucune contribution d'eau souterraine, contribution des eaux de pluies 13%.

Sans pompage, le rendement du blé tendre est de 2,3t/ha. Un apport modéré d'eau de pompage (types T2 et T3) contribue à une augmentation du rendement d'environ 80% (4,9 t/ha). L'utilisation modérée ou excessive d'eau de pompage (types T2 ou T3) améliore le rendement. Par contre, l'eau souterraine utilisée comme complément (type T4) contribue à l'augmentation du rendement à plus du double (4,9 t/ha). Le pompage a un impact positif sur le rendement ; on obtient un meilleur résultat avec l'eau souterraine utilisée comme complément. Ce qui permet d'augmenter le débit, et de combler les besoins de la plante.

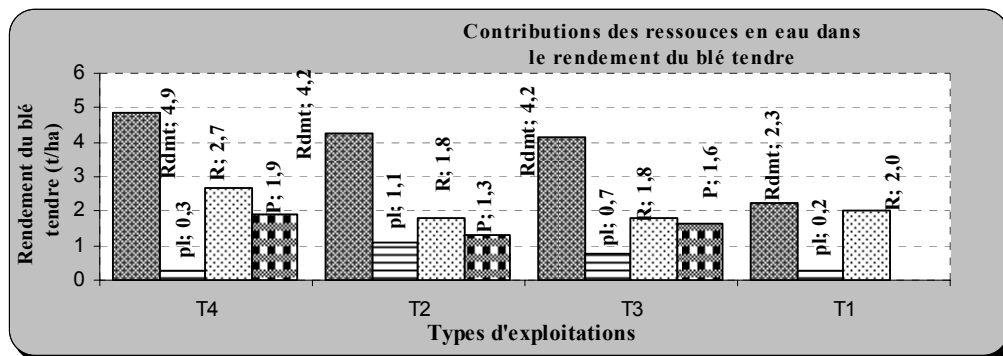


Figure 15 : Contributions des ressources en eau dans le rendement du blé tendre

- la luzerne

Dans le rendement de la luzerne, on obtient par ordre décroissant les résultats suivants :

1. T3 (44,7 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 46% (20,5 t/ha), contribution de l'eau réseau 11% (5,1 t/ha). Le reste étant dû à l'eau des pluies (43%).
2. T2 (32,5 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 54% (17,4 t/ha), contribution de l'eau du réseau 3% (1 t/ha).
3. T1 (29,5 t/ha) : avec 60 % de contribution exclusive d'eau du réseau ; soit 11,9 t/ha.
4. T4 (29,4 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 46% (13,5 t/ha), contribution de l'eau du réseau 12% (3,4 t/ha).

Sans pompage, le rendement est de 29,4t/ha. Une faible contribution de l'eau de pompage n'a pas un impact significatif sur le rendement. Une contribution de l'eau souterraine de l'ordre 70 à 90% (T2) induit une augmentation du rendement de 10% (32,5 t/ha). Cette augmentation peut atteindre les 50% lorsque l'utilisation de l'eau souterraine est modérée (50 à 60%). Le meilleur rendement est obtenu avec une proportion modérée de combinaison d'eau souterraine et d'eau de surface (type T3, soit 52,5 t/ha).

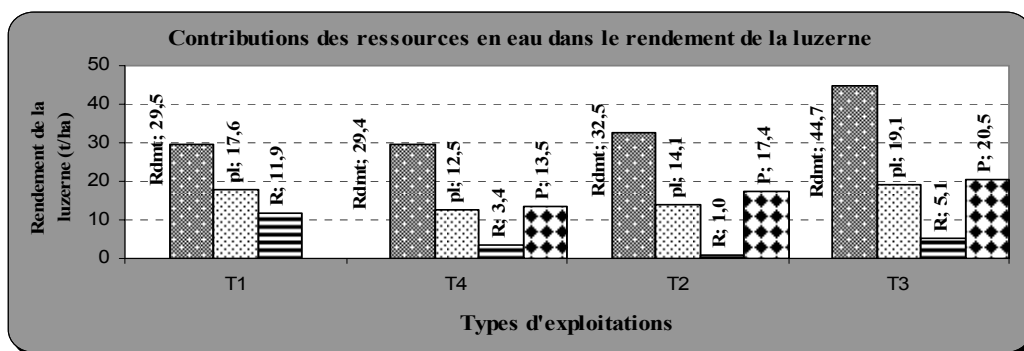


Figure 16 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de la luzerne

- le niora

1. T4 (8 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 51% (4,1 t/ha) ; 37% contribution de l'eau du réseau (2,9 t/ha).
2. T2 (7 t/ha) : 96% contribution unique d'eau du pompage; soit 6,7 t/ha.

La production du niora, culture maraîchère, est assujettie à une forte consommation d'eau. Ce qui limite les types T1 et T3 dans cette production. La différence en rendement peut être due au fait que l'excès d'eau apportée par l'eau souterraine pourrait réduire le rendement du niora.

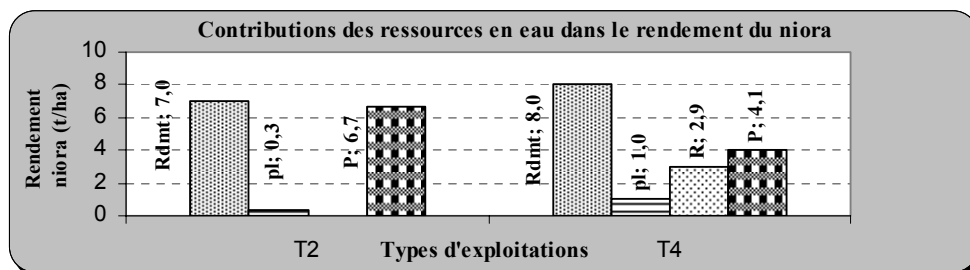


Figure 17 : Contributions des ressources en eau dans le rendement du niora

- l'oignon

1. T4 (83 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 54% (45 t/ha), contribution de l'eau de surface 35% (29 t/ha).
2. T2 (60 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 91% (55 t/ha), contribution de l'eau du réseau 3% (2 t/ha).

En raison des exigences des cultures maraîchères en eau, les types T1 et T3 n'en cultivent pas. Avec 30 à 50% (typ2 T4) d'eau souterraine utilisée, le rendement obtenu est de 83 t/ha (meilleur rendement). Lorsque l'eau souterraine est utilisée au-delà des 70% (type T2), le

rendement baisse de 28%. La salinité ou les périodes d'irrigation pourrait avoir un effet négatif sur le rendement de l'oignon.

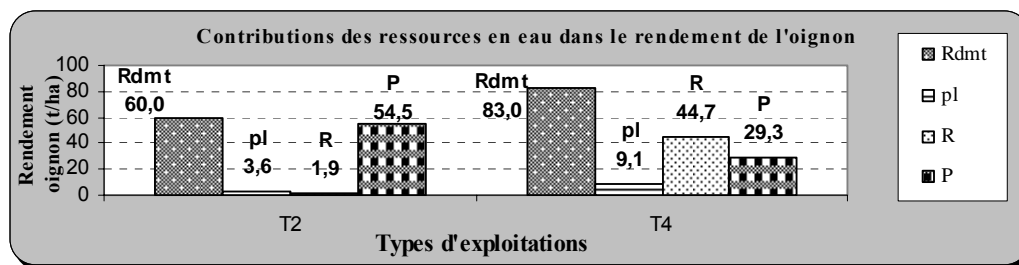


Figure 18 : Apports des ressources en eau dans le rendement de l'oignon

- l'olivier

Les rendements des différents types d'exploitations se présentent comme suit :

1. T2 (4 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 67% (2,7 t/ha), contribution de l'eau du réseau 22% (0,9 t/ha).
2. T1 (3,8 t/ha) : contribution de l'eau du réseau seule 87% (soit 3,5 t/ha).
3. T3 (3,5 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 44% (1,5 t/ha), contribution de l'eau du réseau 43% (1,5 t/ha).

Sans pompage, le rendement est de 3,8 t/ha. Un apport important d'eau souterraine (70 à 90%, type T2) améliore légèrement le rendement (environ 5%). De même, lorsque l'eau souterraine est utilisée modérément (30 à 50%, type T3), ce rendement diminue de 8% (soit 3,5 /ha). Il y a augmentation du rendement lorsque contribution de l'eau souterraine est importante.

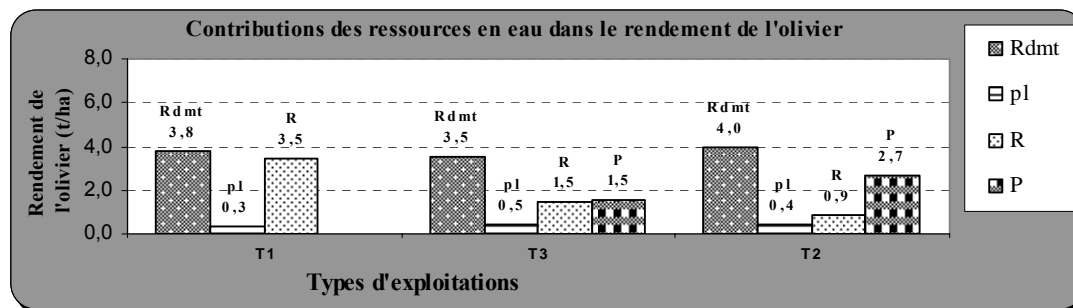


Figure 19 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de l'olivier

En définitive, les performances des exploitations en matières d'utilisation des ressources en eau s'expriment différemment selon les spéculations en place. En dehors de la betterave sucrière dont la contribution en eau souterraine est limitée, dans les autres cas, l'utilisation

modérée de l'eau souterraine contribue à une augmentation des rendements de l'ordre de 10 à 40%. (voir figure 20 ci-dessous)

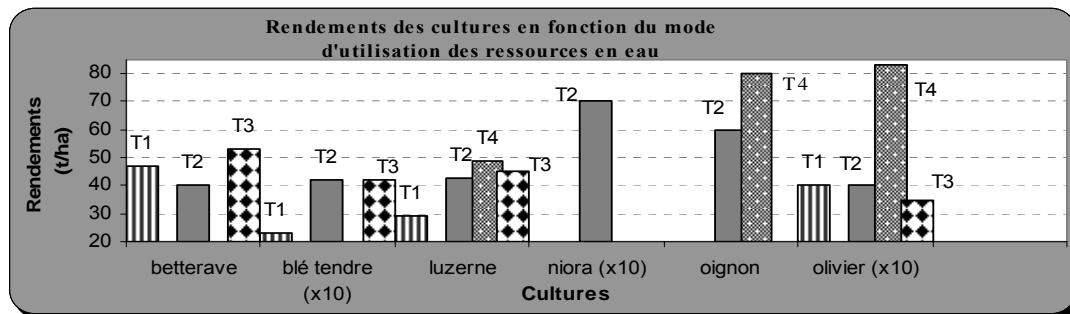


Figure 20 : Rendements comparés des types d'exploitations en fonction du mode de l'utilisation des ressources en eau

3.2 Performances agro-économiques

Pour chaque spéculation, différents rendements sont dégagés selon le type d'exploitation. Les performances s'expriment ici en terme de contribution des coûts liés à l'utilisation des différentes ressources en eau dans les rendements des cultures. Dans l'évaluation de coûts, il est distingué : le coût unitaire de l'eau du réseau, le coût unitaire de l'eau pompée et le coût des autres facteurs de production. Le coût de l'eau du réseau est fixé à 0,24 Dh/m³. Le coût moyen de l'eau pompée considéré ici est de 0,75 Dh/m³ (coût moyen de notre étude). Le coût des facteurs de production prend en compte les coûts des intrants agricoles (semences, produits phytosanitaires, fertilisants etc.), les coûts des travaux mécanisés, les frais liés aux opérations de récolte, de transport et la main d'oeuvre en tant que charge, si elle est rémunérée par l'exploitant. Il s'agit de déterminer les contributions des ressources en eau dans les rendements des cultures.

- Contribution des ressources en eau dans le rendement des cultures par rapport à leur coût

Le tableau 24 ci-dessous résume les différentes contributions des ressources en eau dans les rendements des cultures par rapport à leur coût comparé aux coûts des autres facteurs de production (intrants, opérations de labour, de traitement, récolte et transport, main d'oeuvre etc.).

Tableau 24 : Contributions des ressources en eau dans les rendements des cultures par rapport à leur coût

Types	Superficie	Coût FP	Volume d'eau		coût de l'eau		Coût Total	Rdmt	Contribution d'eau			Pourcentage		
			R	P	R	P			F P	R	P	FP	R	P
Unité	ha	Dh	m3	m3	Dh	Dh	Dh	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	%	%	%
Betterave sucrière														
T3	0,85	9 170	8 798	5 076	2 111	1 904	13 185	52,5	36,5	8,4	7,6	70	16	14
T1	1	12 040	13 428		3 223	0	15 263	46,7	36,8	9,9	0,0	79	21	0
T2	2	15 250	6 682	7 488	1 604	5 616	22 470	40,0	27,1	2,9	10,0	68	7	25
Blé tendre														
T4	4,2	37 025	15 340	10 908	3 682	8 181	48 888	4,9	3,7	0,4	0,8	76	8	17
T2	3,17	5 897	4 169	2 880	1 001	720	7 617	4,2	3,3	0,6	0,4	77	13	9
T3	3,9	13 605	13 522	12 480	3 245	9 360	26 210	4,2	2,2	0,5	1,5	52	12	36
T1	1,75	4 515	13 617		3 268	0	7 783	2,3	1,3	0,9	0,0	58	42	0
Luzerne														
T3	1,3	5 433	6 057	11 682	1 454	5 841	12 728	44,7	19,1	5,1	20,5	43	11	46
T2	1,5	8 275	2 433	13 635	584	10 226	19 085	32,5	14,1	1,0	17,4	43	3	54
T4	2,05	15 845	17 890	22 788	4 294	17 091	37 230	29,4	12,5	3,4	13,5	43	12	46
T1	1,74	7 045	19 742		4 738	0	11 783	29,5	17,6	11,9	0,0	60	40	0
Niora														
T4	2	24 000	12 528	17 280	3 007	12 960	39 967	8,0	4,8	0,6	2,6	60	8	32
T2	1	3 450	0	13 878	0	10 409	13 859	7,0	1,7	0,0	5,3	25	0	75
Oignon														
T4	1,1	12 650	11 535	7 560	2 768	5 670	21 088	83,0	49,8	10,9	22,3	60	13	27
T2	0,5	6 450	576	16 284	138	12 213	18 801	60,0	20,6	0,4	39,0	34	1	65
Olivier														
T2	0,5		2 308	6 912	554	5 184	5 738	4,0	0,0	0,4	3,6	0	10	90
T3	8,85	21 260	8 641	8 856	2 074	6 642	29 976	3,5	2,5	0,2	0,8	71	7	22
T1	1,69	2 000	14 077		3 378	0	5 378	3,8	1,4	2,4	0,0	37	63	0

L'excès de pompage a un impact négatif sur le rendement. L'apport de l'eau souterraine en terme de coût dans la production est de 14% alors que celui de l'eau du réseau est de 16%.

– La betterave sucrière

Dans le rendement de la betterave, on obtient les résultats suivants par ordre décroissant :

1. T3 (52,5 t/ha) : contribution de l'eau du réseau 16% (8,4 t/ha), contribution de l'eau souterraine 14% (7,6 t/ha) ; 70% revenant aux coûts des facteurs de production.
2. T1 (46,7 t/ha) : contribution de l'eau du réseau seule de 21%.
3. T2 (40 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 25%, (10 t/ha), contribution de l'eau du réseau 7% (3 t/ha).

Sans pompage, le rendement est de 46,7t/ha (T1). Un apport modéré d'eau de pompage (cas T3) contribue à une augmentation du rendement de 14% (56,7 t/ha). Ce rendement devient plus faible (40 t/ha) lorsque le pompage est plus important (70 à 90% d'eau souterraine, T2).

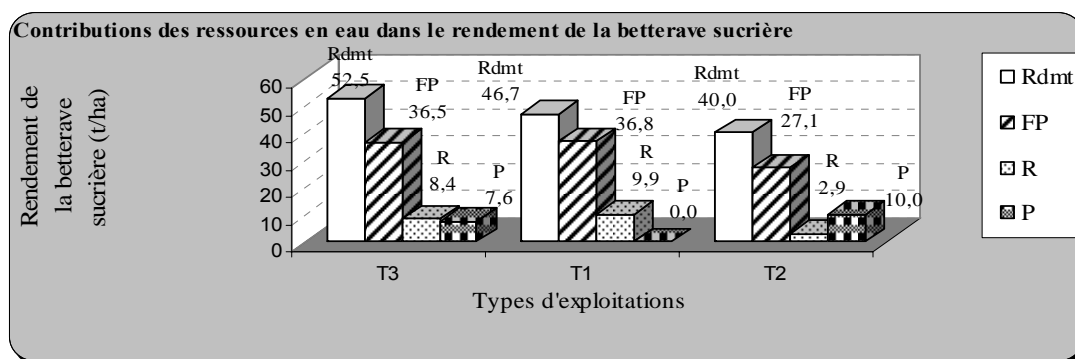


Figure 21 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de la betterave sucrière

- le blé tendre

Dans le rendement du blé tendre, on obtient par ordre décroissant les résultats es types d'exploitations comme suit :

1. T4 (4,9 t/ha) : contribution de l'eau du réseau 55% (2,7 t/ha), contribution de l'eau souterraine 40% (1,9 t/ha).
2. T2 (4,2 t/ha) : contribution de l'eau du réseau 44% (1,8 t/ha), contribution de l'eau souterraine 30% (1,3 t/ha).
3. T3 (4,2 t/ha) : contribution de l'eau du réseau 43% (1,8 t/ha), contribution de l'eau souterraine 39% (1,6 t/ha).
4. T1 (2,3 t/ha) : aucune contribution de l'eau souterraine, contribution de l'eau du réseau 89% (2 t/ha) ; contribution des aux de pluies 13%.

En terme de coût, contribution de l'eau souterraine est plus importante pour les exploitations du type T3 (avec 39% de contribution dans le rendement). Par contre, la contribution d'eau du réseau est plus importante dans le type T4 (55%) avec une contribution de l'ordre de 55% dans le rendement obtenu.

Dans tous les types d'exploitations, en terme de coût, les ressources en eau utilisées sont moins importantes que les coûts des facteurs de production qui représentent 40 à 80% du coût total de production.

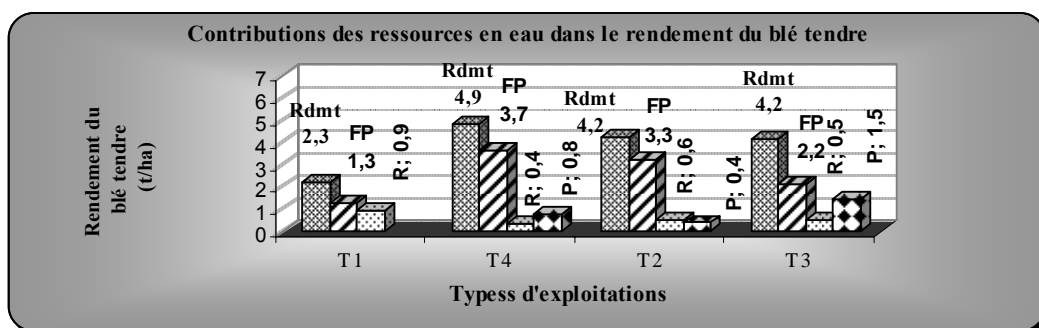


Figure 22 : Contributions des ressources en eau dans le rendement du blé tendre

- la luzerne

Dans le rendement de la luzerne, on obtient en terme de charge par ordre décroissant les résultats suivants :

1. T3 (44,7 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 46% (20,5 t/ha), contribution de l'eau du réseau 11% (5,1 t/ha). Le reste revenant aux coûts de production (43% ; 19,1 t/ha).
2. T2 (32,5 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 54% (17,4 t/ha), contribution de l'eau du réseau 3% (1 t/ha).
3. T1 (29,5 t/ha) : 40% de contribution de l'eau du réseau ; soit 11,9 t/ha.
4. T4 (29,4 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 46% (13,5 t/ha), contribution de l'eau du réseau 4% (3,4 t/ha).

Avec un apport de 50 à 60% d'eau souterraine, on obtient le meilleur rendement ; et sa contribution en terme de charge est de 46% dans le rendement. Lorsque cette contribution de l'eau souterraine se situe au-delà de 70%, sa contribution est plus importante (54%) mais le rendement est moins important (32,5 t/ha). Un faible apport d'eau souterraine (30 à 50% par rapport à l'eau du réseau) n'a pas d'influence sur le rendement de la luzerne.

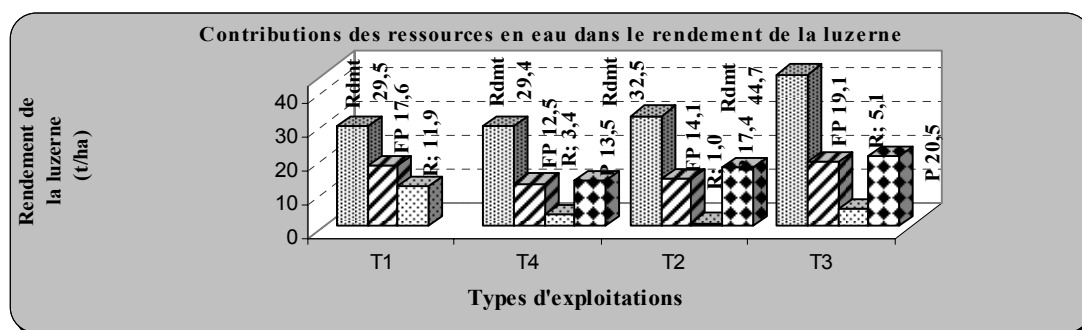


Figure 23 : Contributions des ressources en eau dans le rendement de la luzerne

- le niora

Dans le rendement du niora, on obtient par ordre décroissant les résultats suivants :

1. T4 (8 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 32% (2,6 t/ha), contribution de l'eau du réseau 8% (0,6 t/ha).
2. T2 (7 t/ha) : contribution de l'eau souterraine 75% (5,3 t/ha).

La contribution de l'eau souterraine (5,3 t/ha) est plus élevée pour le type T2 avec 75%. Avec une contribution de 32% (type T4), on obtient un meilleur rendement de 8 t/ha, soit une contribution de l'eau souterraine de 32% (soit 2,6 t/ha). La différence dans le rendement s'explique par le fait qu'un apport important d'eau souterraine (au-delà de 70%) tant à réduire le rendement de la culture.

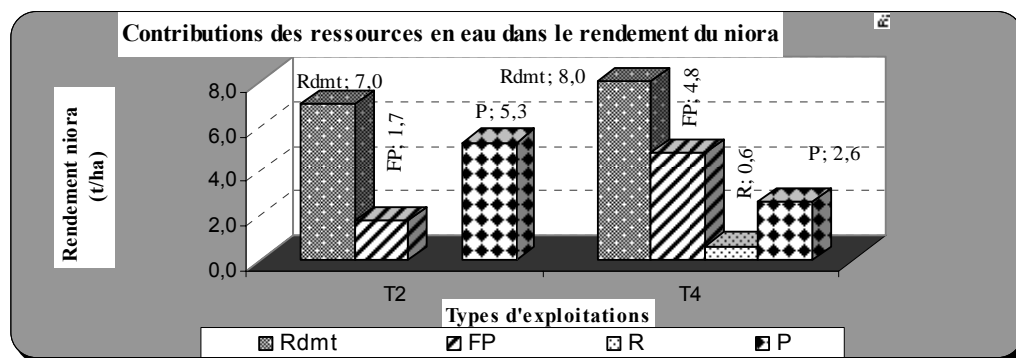


Figure 24 : Contributions des différentes ressources en eau utilisées dans le rendement du niora

- L'oignon

Dans rendement de l'oignon, les charges des différentes ressources en eau utilisées se présentent comme suit :

1. Type T4 (83 t/ha) : contribution de l'eau pompée 27% (22 t/ha) ; contribution de l'eau du réseau 13% (11 t/ha) ; 60% la contribution des autres facteurs de production.
2. Type T2 (60 t/ha) : apport eau souterraine 65% (39 t/ha) ; apport eau du réseau 1% (0,4 t/ha).

La contribution d'eau souterraine est plus importante pour le type T2 avec une proportion de 65% en terme de charge (soit 39 t/ha). Les charges liées à l'eau souterraine sont plus importantes que toutes les charges de production. Cet excès de pompage n'est pas de nature à accroître le rendement de l'oignon. Avec un apport modéré (30 à 50%, type T4) d'eau

souterraine, on obtient un meilleur rendement (83 t/ha) avec une contribution de 27% (soit 22 t/ha).

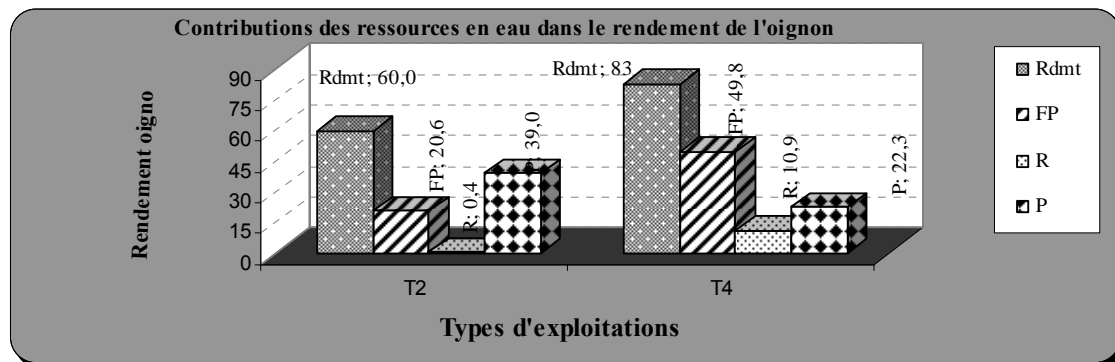


Figure 25 : Contributions des ressources en eau utilisées dans le rendement de l'oignon

- L'olivier

Dans le rendement de l'olivier, on obtient les résultats suivants :

1. T2 (4 t/ha) : apport d'eau souterraine 90% (3,6 t/ha) ; apport eau du réseau 22% (0,9 t/ha).
2. T1 (3,8 t/ha) : apport unique de l'eau du réseau 63%, soit 2,4 t/ha ; le reste d'apport est dû aux facteurs de production.
3. T3 (3,5 t/ha) : apport d'eau souterraine 23% (0,8 t/ha), apport eau du réseau 6% (0,2 t/ha).

La contribution de l'eau souterraine est plus importante pour le type T2 avec une proportion de 90% en terme de charge (soit 3,6 t/ha) ; les charges liées à l'eau souterraine sont plus importantes que les autres charges de production. Cet excès de pompage contribue à accroître le rendement de l'olivier dont le cycle s'étend sur plusieurs années ; on obtient un meilleur rendement (4 t/ha). Avec une utilisation d'eau souterraine moyenne (de 50 à 60%, type T3), le rendement de l'olivier est faible (3,5 t/ha), avec une contribution de 23% (soit 0,8 t/ha) ; comparé au rendement sans contribution d'eau souterraine (type T1) qui est de 3,8 t/ha.

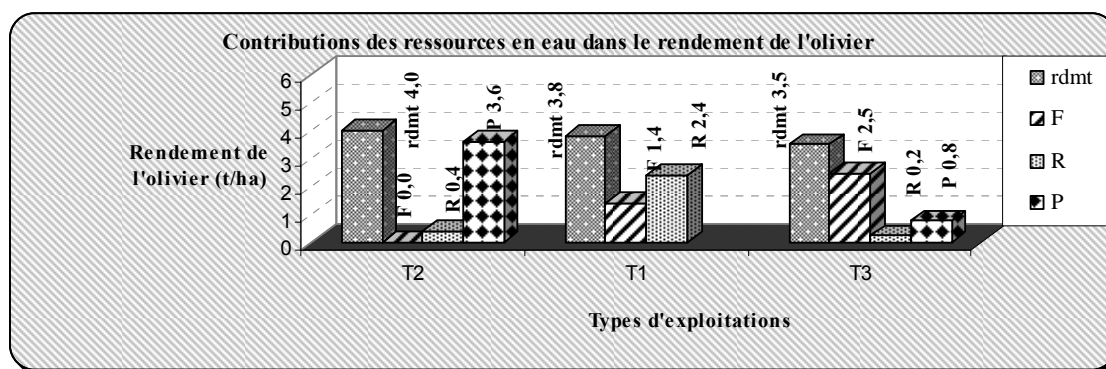


Figure 26 : Apports des ressources en eau utilisées dans le rendement de l'olivier

La contribution comparée entre les différentes ressources ci-dessus tient compte des rendements obtenus par l'irrigation des cultures en fonction du mode d'utilisation desdites ressources. Admettant ainsi que les cultures évoluent dans un bon état sanitaire, dans des conditions de fertilisation et d'alimentation hydrique adéquates. Il n'a pas été possible de comparer les résultats du volume total d'eau apporté par les ressources en eau utilisées par rapport aux besoins réels (en eau) des cultures et en fonction des différentes phases du cycle végétatif de la plante. Ces besoins en eau des cultures, selon les différentes phases de croissance (phase initiale, phase de mi-saison et phase de fin de cycle) s'expriment en fonction des coefficients culturaux et de l'Evapotranspiration de référence, E_{To} , qui traduit la demande climatique d'une part et l'évolution de la croissance de la culture d'autre part.

4. Facteurs incitants à l'utilisation des ressources souterraines

L'utilisation de l'eau souterraine dans l'irrigation n'est pas toujours une option facile à prendre par l'exploitant. Ce choix est soumis à plusieurs contraintes, notamment l'accès à l'eau souterraine, la situation de l'exploitation par rapport au réseau d'irrigation et en périodes les plus critiques des cultures, la dotation en eau du réseau et le revenu de l'exploitant permettant d'acquérir le dispositif de pompage. Les facteurs ci-dessous présentent quelques atouts pour le choix de l'utilisation de l'eau souterraine par rapport à l'eau de surface :

1. le contrôle autonome en eau souterraine à l'échelle de l'exploitant ;
2. le choix de l'exploitant d'irriguer à son temps voulu permet de pallier à l'incertitude des approvisionnements des exploitations en eau de surface ;
3. la disposition du pompage permet d'intervenir avec aisance le long du cycle végétatif de la plante et même en périodes les plus critiques.

La particularité de l'utilisation conjointe des deux ressources s'explique comme suit :

1. En utilisation conjointe, le pompage permet de pallier aux coupures ou retards des lâchées d'eau du réseau.
2. Bien que l'investissement sur le pompage paraisse élevé, la mobilisation et le captage des eaux de surface ramenés à l'échelle des exploitations seraient hors de portée individuelle. Le coût d'exploitation de l'eau souterraine serait autrement perçu par les exploitants, si la tarification de l'eau de surface ne prenait en compte la subvention de l'Etat.
3. Les ouvrages de prélèvement des eaux souterraines occupent un espace très réduit (moins de 20 m², abris y compris) avec possibilité d'extension dans l'espace. Ce qui n'est pas le cas des ouvrages de captage des eaux superficielles qui s'étendent sur plusieurs centaines de mètres carrés et dont l'extension n'est pas toujours aisée.
4. L'entretien ou les réparations des ouvrages de captage et d'exploitation des eaux souterraines sont à la charge de l'exploitant ; ce qui n'est pas le cas des eaux de surface.

Si l'investissement pour l'exploitation des eaux souterraines est réduit par rapport à celui des eaux de surface, le coût du mètre cube d'eau pompée quant à lui est supérieur au coût de l'eau de surface. Ceci est dû au fait que l'investissement en matière d'eau souterraine est supporté par l'exploitant individuellement.

5. Conclusion

L'analyse des types d'exploitations en fonction de l'utilisation des eaux souterraines ou l'analyse des performances des exploitations en terme d'apports des différentes ressources en eau dans les rendements des cultures constituent des preuves que l'eau souterraine est intimement liée à l'eau de surface ; ou du moins en ce qu'elle concerne son utilisation. Les performances des exploitations concernent les aspects hydrauliques et agro économiques. Ces performances ne se dissocient pas des aspects sociaux et environnementaux. Le mode d'utilisation des ressources en eau souterraine peut pour certaines cultures (oignon, blé, olivier) améliorer le rendement.

Pour la luzerne et la betterave, le meilleur rendement est obtenu par le type T3 avec respectivement 44,7 t/ha pour la luzerne et 52,5 t/ha pour la betterave sucrière. Par contre pour l'olivier, le même type T3 donne un faible rendement avec 3,5 t/ha. Le meilleur rendement des cultures maraîchères (oignon et niora notamment) est obtenu pour le type T4 avec respectivement 83 t/ha et 8 t/ha. Le rendement le moins bon est obtenu par le même type T4 pour la luzerne avec 29,4 t/ha. Les types T2 et T3 donnent le même rendement en blé tendre (4,2 t/ha) ; rendement inférieur à celui obtenu par T4 (4,9 t/ha) pour la même culture.

L'apport moyen de l'eau souterraine pour le type T4 est estimée à 39% dans le rendement du blé tendre, 52% dans le rendement de la luzerne, 51% dans celui du niora et 35% dans celui de l'oignon. Pour le type T3, la contribution moyenne de l'eau souterraine dans le rendement du blé tendre est estimée à 39% ; 86% dans la luzerne et 44% dans l'olivier. En T2, lorsque la proportion d'eau du réseau est inférieure à l'eau souterraine, la contribution de celle-ci est estimée à 53% dans le rendement du blé tendre, 70% dans celui de la luzerne et 67% dans celui de l'olivier.

CHAPITRE 5 : ETUDE DE LA SENSIBILITE DES COUTS DU M³ POMPE

1. Introduction

Le coût du pompage reste élevé allant jusqu'à deux à quatre fois le coût de l'eau du réseau. La moyenne de notre échantillon est de 0,7484 Dh/m³. Il n'est pas certain que l'exploitant tienne compte du coût total s'il décide de pomper ou pas. D'autres considérations telles l'autonomie de gestion, la liberté de pomper en son temps et le volume de son choix ne sont pas à négliger dans l'évaluation de ce coût. En fonction du volume et du coût du m³ d'eau pompée, la typologie des exploitations sera caractérisée. L'étude de sensibilité est basée sur des hypothèses des paramètres pris individuellement ou simultanément, dans le même sens ou en sens contraire, et qui vont permettre d'observer les effets induits sur le coût du m³ d'eau pompée. Les types d'exploitations en évidence ici sont les exploitations ayant accès à l'eau souterraine.

Les paramètres à tester sont :

- le carburant,
- les matériels d'équipement,
- le volume d'eau pompée.

2. Effets de la variation des paramètres

Deux types de sensibilités permettent d'observer l'évolution du coût moyen du m³ d'eau pompée en fonction de la variation d'un seul paramètre à la fois ou la variation simultanée de plusieurs paramètres. Les différentes hypothèses ont pour effet d'observer l'évolution du coût moyen du m³ d'eau pompée à partir des modifications d'un ou de plusieurs paramètres. Les résultats des opérations effectuées à l'aide du tableur Excel sont reportés dans les tableaux et figures ci-dessous. Ces paramètres tiennent compte des fluctuations des coûts des produits pétroliers, des variations des prix sur le marché, de la baisse de l'efficacité des moteurs au fil de son fonctionnement et de la variation du niveau de la nappe (recharges diverses ou prélèvements importants). Il s'agit du carburant, des matériels d'équipement et du volume d'eau pompée.

2.1 Effet de la variation d'un seul paramètre

Les variations observées sur le coût moyen du m³ d'eau pompée traduisent les modifications à partir d'un seul paramètre (hausse de 10% ou baisse de 10%). Il s'agit du coût du carburant, des prix des matériels d'équipement ou du volume d'eau pompée. Les effets de variation de chacun de ces paramètres sont calculés et reportés dans le tableau 25 ci-après.

Tableau 25 : Effet de variation d'un seul paramètre sur le coût moyen du m³ d'eau pompée

N°	Paramètres	Hypothèses	Effets observés sur le coût moyen du m ³ d'eau pompée	Taux
1	Carburant	Hausse du prix de carburant de 10%	Augmentation	+ 4,06%
		Baisse du prix de carburant de 10%	Diminution	- 4,05%
		Hausse du prix de carburant de 20 %	Augmentation	+ 8,11%
		Baisse du prix de carburant de 20%	Diminution	- 8,11%
2	Matériels	Hausse des prix de matériels d'équipement de 10%	Augmentation	+ 5,95%
		Baisse des prix de matériels d'équipement de 10%	Diminution	- 5,95%
3	Volume pompé	Hausse du volume d'eau pompé de 10%	Augmentation	- 9,09%
		Baisse du volume d'eau pompé de 10%	Diminution	+ 11,12%

1. Effet de la variation du prix du carburant sur le coût du pompage

Il est envisagé ici une hausse du prix du carburant de 10% (de 6,81 à 7,49 Dh/l de gasoil) et d'une baisse de 10% (de 6,81 à 6,13 Dh/l). Une augmentation ou réduction sur le prix de carburant de 10% de sa valeur initiale induirait respectivement une hausse de 4,06% ou une baisse de 4,05% sur le coût moyen du m³ d'eau pompée ; passant respectivement de 0,7484 à 0,7788 Dh/m³ en cas de hausse ou à 0,7181 Dh/m³ en cas de baisse.

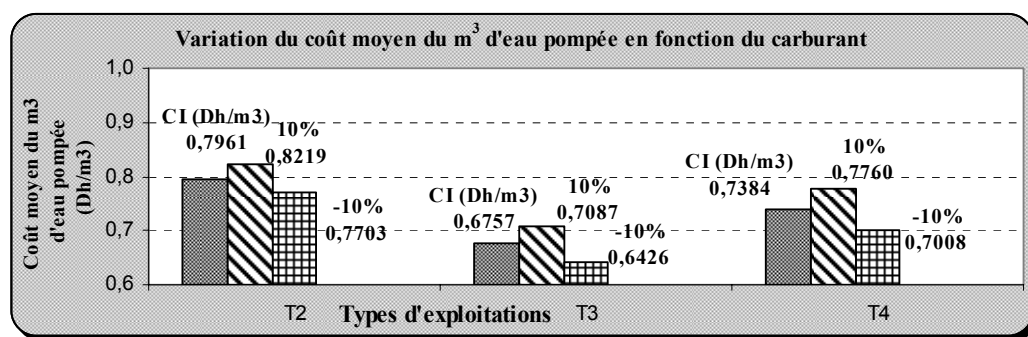


Figure 27 : Variation du coût moyen du m³ d'eau pompée en fonction du prix du carburant

- Une hausse (ou une baisse) de prix de carburant de 10% en T2 induirait une augmentation (ou une diminution) du coût moyen du m³ d'eau pompée de 3,2%. C'est la meilleure variation pouvant être obtenue à ce taux (le plus bas), comparé aux autres types d'exploitations.

- Au niveau des exploitations du type T3, une hausse (ou une baisse) de prix du carburant de 10% induirait une augmentation (ou une réduction) sur le prix moyen du m³ d'eau de 4,9%.

- Pour les exploitations du type T4, une hausse ou une baisse du même taux induirait respectivement une augmentation ou une réduction sur le prix moyen du m³ d'eau de 5,1%. C'est la variation la plus élevée.

En définitive, plus le volume d'eau pompée est important, plus l'écart dans la variation du coût moyen du m³ d'eau est faible. Le taux d'augmentation ou de réduction le plus élevé est observé au niveau des exploitations utilisant plus d'eau de surface que d'eau souterraine (T4).

2. Effet de la variation des prix des matériels d'équipement sur le coût de pompage

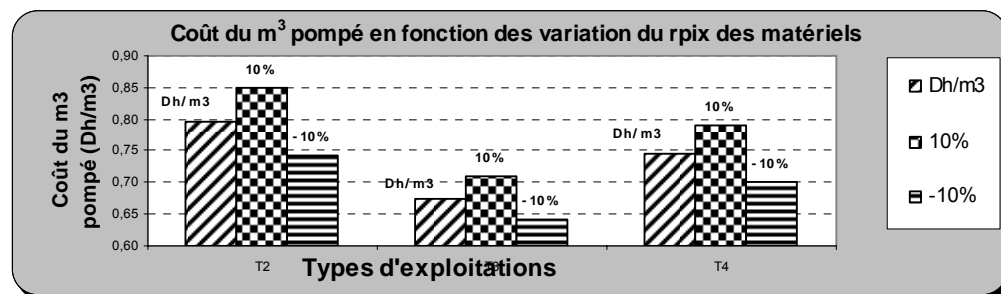


Figure 28 : Variation coût moyen du m³ d'eau pompée en fonction du prix des matériels d'équipement

- Type T2 : Une hausse (ou une baisse) de prix de matériels de 10% en T2 induirait une augmentation (ou une diminution) du coût moyen du m³ d'eau pompée de 6,8%.

- Exploitations du type T3 : cette variation en hausse ou une baisse de prix des matériels au même taux induirait respectivement une augmentation ou une réduction sur le prix moyen du m³ d'eau de 5,1%.

- Exploitations du type T4 : Cette variation moyenne sur le prix moyen du m³ d'eau serait de 6%.

En définitive, l'augmentation (ou diminution) de 10% sur les prix des matériels d'équipement induirait une hausse (ou baisse) de 5,95 % sur le coût moyen du m³ d'eau pompée ; passant en cas de hausse de 0,7484 Dh/m³ à 0,7929 Dh/m³ (et à 0,7039 Dh/m³ en baisse). Plus le coût du m³ d'eau pompée est important, plus l'effet de la variation des prix des matériels est

important. L'évolution du coût de pompage et la variation de prix de matériels conservent un écart proportionnel. La meilleure variation est obtenue pour le type T3 (5,1%).

3. Variation du volume pompé sur le coût moyen du m³ d'eau pompée

Augmentation du volume d'eau pompée de 10% ou diminution du volume au même taux

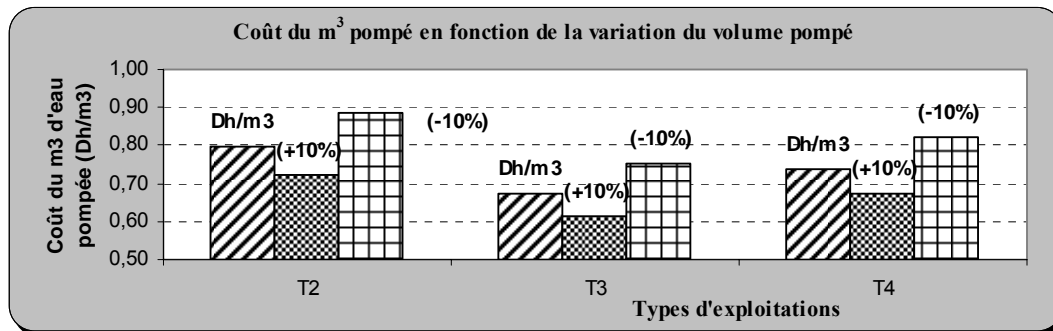


Figure 29 : Evolution coût du m³ d'eau pompée en fonction du volume pompé

Une hausse (ou baisse) du volume d'eau pompée de 10% induirait pour tous les types d'exploitations (T2, T3 et T4) le même effet : une diminution sur le coût moyen du m³ d'eau pompée de 9% (ou une augmentation de 11%). Cette diminution sur le coût moyen du m³ d'eau pompé de tout type d'exploitations de 9%, fait passer le coût moyen de 0,7484 à 0,6804 Dh/m³. Par contre, une diminution du volume d'eau pompée de 10% engendrera une hausse de 11% sur le coût moyen du m³ d'eau pompée; passant de 0,7484 à 0,8316 Dh/m³. Le taux de baisse observé (11%) sur la variation du volume est supérieur à celui de la hausse (9%).

2.2. Sensibilité de l'effet de la variation de plusieurs paramètres

Il s'agit ici des effets cumulés de la variation combinée des paramètres pris deux par deux sur le coût moyen du m³ d'eau pompée. Les hypothèses de sensibilité peuvent intervenir dans le même sens (augmentation ou réduction des deux à la fois) ou dans le sens inverse (augmentation de l'un et réduction de l'autre et vis versa). Les résultats des opérations effectuées sont reportés dans le tableau ci-dessous.

2.3. Combinaison simultanée de deux paramètres

Il s'agit notamment de l'effet combiné du coût du carburant, des matériels d'équipement ou du volume d'eau pompée, pris deux par deux sur le coût moyen du m³ d'eau pompée. Les effets de variation de chacun de ces paramètres sont calculés et reportés dans le tableau 26 ci-dessous.

Tableau 26: Effet de la variation de deux paramètres sur le coût moyen du m³ d'eau pompée

N°	Paramètres	Hypothèses	Effets observés sur le coût de pompage	Taux
1	Carburant et matériels	Hausse du prix de carburant et des prix de matériels d'équipement (10%)	Augmentation	+ 10%
		Baisse du prix de carburant et des prix de matériels d'équipement (10%)	Diminution	- 10%
2		Hausse du prix de carburant et baisse des prix de matériels d'équipement (10%)	Légère augmentation	- 2%
		Baisse du prix de carburant et hausse des prix de matériels d'équipement (10%)	Légère diminution	+ 2%
3	Carburant et volume pompé	Hausse du prix de carburant et du volume pompé (10%)	Diminution	- 5%
		Baisse du prix de carburant et du volume pompé (10%)	Augmentation	+ 7%
4		Hausse du prix de carburant et baisse du volume pompé (10%)	Augmentation	+ 16%
		Baisse du prix de carburant et hausse du volume pompé (10%)	Diminution	- 13%
5	Matériels d'équipement et volume pompé	Hausse des prix de matériels et du volume pompé (10%)	Diminution	+ 4%
		Baisse des prix de matériels et du volume pompé (10%)	Augmentation	- 4,5%
6		Hausse des prix de matériels et baisse du volume pompé (10%)	Augmentation	+ 18%
		Baisse des prix de matériels et hausse du volume pompé (10%)	Diminution	- 15%

1. Augmentation de prix du carburant et de matériels d'équipement sur le coût moyen du m³ d'eau pompée

Il s'agit ici de la variation du coût de pompage par rapport à une augmentation ou une réduction de 10% (à la fois sur le prix du carburant et le prix des matériels d'équipement). Une hausse (ou baisse) simultanée de 10% sur le coût du carburant et les prix des matériels d'équipement induirait une augmentation (ou diminution) de 10% sur le coût du m³ d'eau pompée et pour tous les types d'exploitations (T2, T3 et T4). Les histogrammes apparaissent bien décalées. Le coût du m³ d'eau pompée lors de la hausse cumulée de ces deux paramètres passe de 0,7484 à 0,8233 Dh/m³ (ou à 0,6736 Dh/m³ lors de la baisse cumulée).

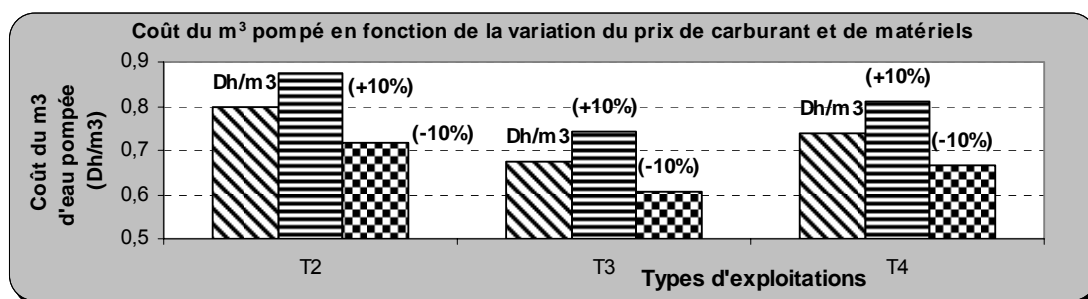


Figure 30 : Variation du coût moyen du m³ d'eau pompée en fonction du prix du carburant et des prix des matériels

- Variation en sens inverse du prix du carburant et de matériels sur le coût moyen du m³ d'eau pompée

Cette hypothèse met en évidence la combinaison de deux effets contraires et agissant simultanément dans le sens d'une augmentation du prix de carburant et d'une réduction sur prix de matériels d'équipement de 10%, et vis versa. La figure ci-dessus montre que en dehors du type T2, la variation est peu significative pour les types T3 et T4.

- Une hausse du prix de carburant et une baisse des prix des matériels de 10% simultanément induisent en T2 une diminution sur le coût du m³ d'eau pompée de 3, 5% ; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une augmentation de 3%.

- En T3, une hausse du prix de carburant et une baisse des prix des matériels de 10% simultanément induisent une diminution de 0,2% sur le coût du m³ d'eau pompée; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une augmentation de 0,2%.

- En T4, une hausse du prix de carburant et une baisse des prix des matériels de 10% induisent une augmentation de 0,2% sur le coût du m³ d'eau pompée ; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une diminution de 0,2%.

Plus le volume pompé est important, plus la variation sur le coût du m³ d'eau pompée est sensible. Le coût moyen global varie de 0,7484 à 0,7342 Dh/m³ en cas de hausse du prix de carburant et baisse de prix de matériels ; et de 0,7626 Dh/m³ dans le cas inverse.

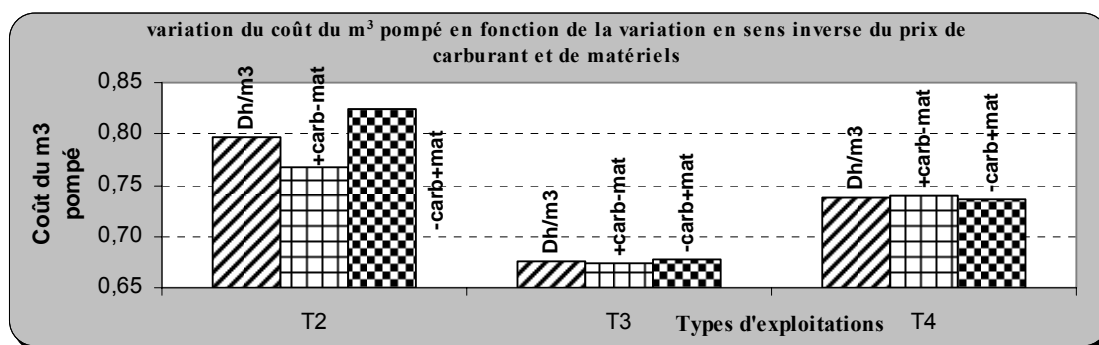


Figure 31 : Variation du coût de l'eau pompée en fonction du prix du carburant et des matériels

- Variation du coût moyen de l'eau pompée en fonction de la hausse (ou de la baisse) du prix du carburant et du volume pompé.

A partir de la figure ci-dessous, les exploitations se caractérisent comme suit :

- Une hausse du prix de carburant et du volume pompé de 10% simultanément induit en T2 une diminution sur le coût du m³ d'eau pompée de 6% ; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une augmentation de 7,5%.
- En T3, une hausse du prix de carburant et du volume d'eau pompée de 10% simultanément induisent une diminution de 4,6% sur le coût du m³ d'eau pompée; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une augmentation de 5,7%.
- En T4, une hausse du prix de carburant et du volume pompé de 10% induit une diminution de 4,5% sur le coût du m³ d'eau pompée ; en sens inverse, plutôt une augmentation de 5,4%.

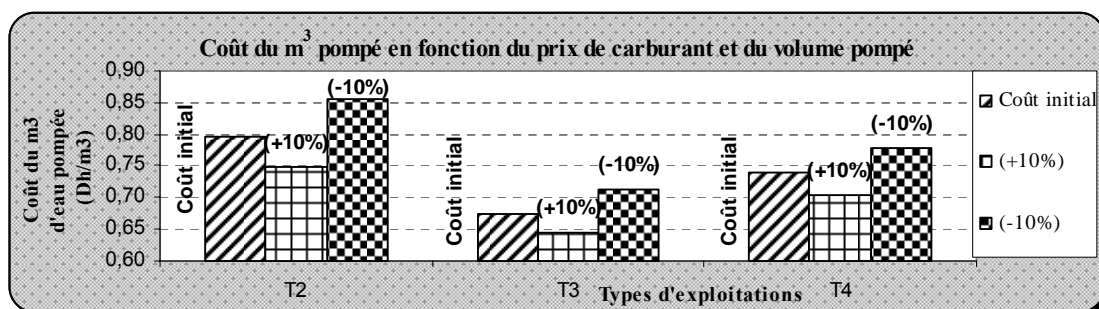


Figure 32 : Variation du coût moyen du m³ d'eau pompée en fonction du prix du carburant et du volume pompé

La hausse combinée du prix de carburant de 10% et du volume pompé au même taux induit une baisse sur le coût moyen de pompage du m³ de 5,4 % (de 0,7484 à 0,7080 Dh/m³). Par

contre, la baisse cumulée du prix de carburant et du volume pompé de 10% induit une augmentation du coût moyen de pompage de 6,61% ; soit de 0,7484 Dh/m³ à 0,7626 Dh/m³.

- Hausse du prix de carburant et baisse du volume pompé (et vis versa) sur le coût moyen du m³ d'eau pompée

- Une hausse du prix de carburant et une baisse du volume pompé de 10% simultanément induit en T2 induisent une augmentation sur le coût du m³ d'eau pompée de 14,7% ; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une diminution de 12%.

- En T3, une hausse du prix de carburant et une baisse du volume d'eau pompée de 10% simultanément induisent une augmentation de 16,5% sur le coût du m³ d'eau pompée; et en sens inverse ; induit plutôt une diminution de 13,5%.

- En T4, une hausse du prix de carburant et une baisse du volume pompé de 10% induisent une augmentation de 16,8% sur le coût du m³ d'eau pompée ; en sens inverse, on aura plutôt une diminution de 13,7%.

En définitive, une hausse sur le prix du carburant de 10% suivie d'une baisse du volume pompé au même taux traduit une augmentation de 15,6% sur le coût moyen de l'eau pompée ; passant de 0,7484 à 0,8653 Dh/m³. Le phénomène inverse (baisse du prix de carburant et hausse du volume pompé) de 10% entraîne une baisse sur le coût de l'eau pompée de 12,8% ; passant ainsi de 0,7484 à 0,6528 Dh/m³. La meilleure valeur est obtenue en T2 (avec 14,7% de variation en cas de hausse de prix du carburant et du volume et, 12% inversement).

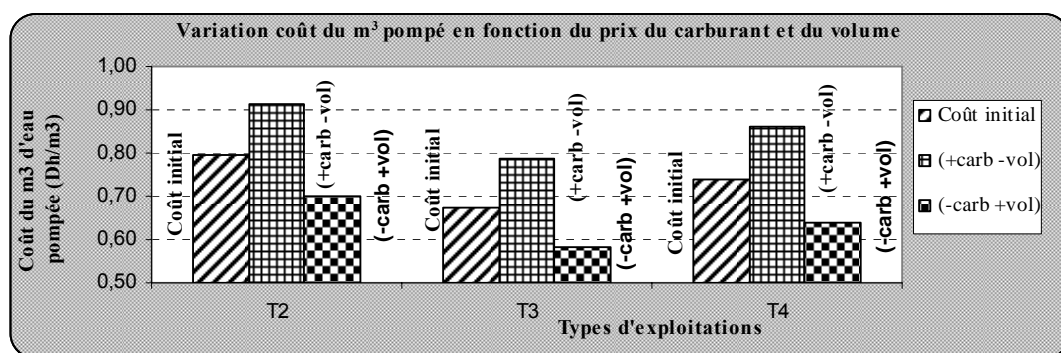


Figure 33 Variation du moyen du m³ d'eau pompée en fonction du prix du carburant et du volume pompé

- Effet de la hausse (ou baisse) cumulée des prix des matériels et du volume pompé sur le coût du m³ d'eau pompée

- Une hausse de prix de matériels et du volume pompé de 10% simultanément induit en T2 une diminution sur le coût du m³ d'eau pompée de 3% ; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une augmentation de 3,6%. Le type T2 représente la meilleure valeur obtenue.

- En T3, une hausse de prix de matériels et du volume d'eau pompée de 10% simultanément induisent une diminution de 4,4% sur le coût du m³ d'eau pompée; et le phénomène inverse induit plutôt une augmentation de 5,4%.

- En T4, une hausse de prix de matériels et du volume pompé de 10% induit une diminution de 4,6% sur le coût du m³ d'eau pompée ; et en sens inverse, une augmentation de 10,3%.

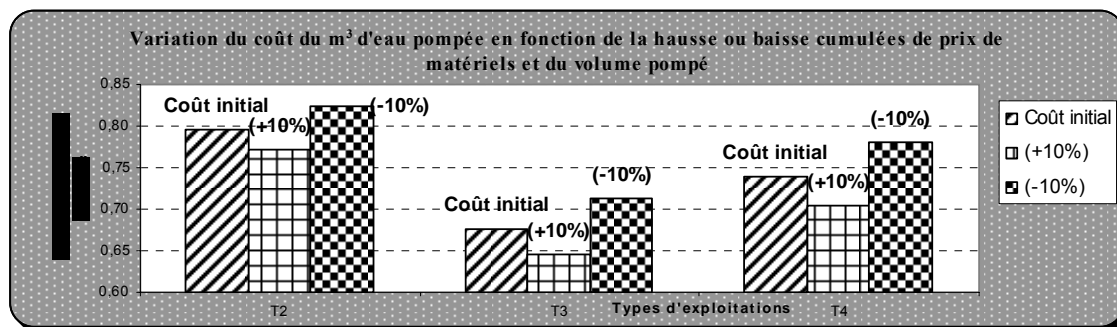


Figure 34 : Variation du moyen du m³ d'eau pompée en fonction du prix des matériels et du volume pompé

De manière générale, la hausse cumulée des prix des matériels et du volume pompé entraîne simultanément une diminution de 3,7% sur le coût moyen du m³ d'eau pompée. Leur baisse cumulée par contre entraîne une augmentation du coût moyen de pompage de 4,5% ; passant ainsi de 0,7484 à 0,7208 Dh/m³ en hausse cumulée ; ou à 0,7821 Dh/m³ en cas de baisse cumulée. Ce qui explique la position intermédiaire qu'occupe l'histogramme de référence, intercalée entre les deux variations.

- Effet simultané de la hausse des prix des matériels et baisse du volume pompé

- Une hausse de prix de matériels accompagnée d'une baisse du volume pompé de 10% simultanément induit en T2 induit une augmentation sur le coût moyen du m³ d'eau pompée de 19% ; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une diminution de 15%.

- En T3, une hausse de prix des matériels d'équipement et une baisse du volume d'eau pompée de 10% simultanément induisent une augmentation de 17% sur le coût du m³ d'eau pompée; et en sens inverse, c'est plutôt une diminution de 14%.

- En T4, une hausse de prix des matériels et une baisse du volume pompé de 10% induisent comme en T3, une augmentation de 17% sur le coût du m³ d'eau pompée ; en sens inverse, on aura plutôt une diminution de 14%.

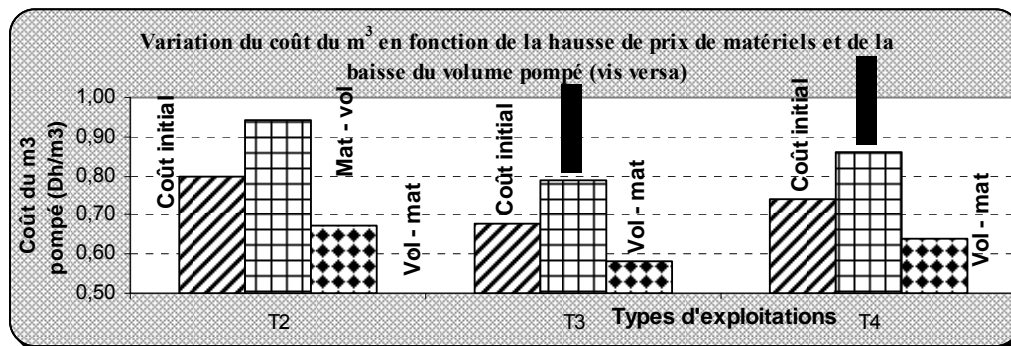


Figure 35 : Variation du coût moyen du m³ pompée en fonction du prix des matériels et du volume pompé

La hausse des prix des matériels d'équipement de 10% suivie d'une baisse du volume pompé de 10% entraînent une augmentation du coût moyen de pompage de 18% (passant de 0,7484 à 0,8810 Dh/m³). Par contre, le phénomène inverse (baisse des prix de matériels et hausse du volume pompé au même taux) entraîne une diminution du coût moyen du m³ d'eau pompée de 15% ; passant passe ainsi de 0,7484 à 0,6399 Dh/m³. La variation est plus significative lorsque le volume pompé est important (cas u type T2).

2.3 Effet de la combinaison de la variation simultanée de trois facteurs

Tableau 27: Variation simultanée de trois de paramètres sur le coût moyen du m³ d'eau pompée

N°	Para mètres	Hypothèses	Effets observés sur le coût de pompage	Taux
1	Carburant, matériels et volume pompé	Hausse du prix du carburant, des matériels et du volume pompé (10%)	Variation nulle	0 %
2		Baisse du prix du carburant, des matériels et du volume pompé (10%)	Variation nulle	0%
3		Hausse du prix du carburant et des prix des matériels et baisse du volume pompé (10%)	Augmentation	+ 8,8%
4		Baisse du prix du carburant et des prix des matériels et hausse du volume pompé (10%)	Diminution	-18,2%

La visualisation des différentes hypothèses permet de retenir les cas des exploitations les plus performants en terme rigidité du dispositif de pompage par rapport aux effets induits par les variations des différents paramètres sur l'évolution du coût de pompage. Ces facteurs sont : le carburant, les matériels et le volume pompé.

2.3.1 Une hausse du prix du carburant et de prix de matériels accompagnée d'une baisse du volume pompé de 10% simultanément induit en T2 induit une augmentation sur le coût moyen du m³ d'eau pompée de 22% ; et le phénomène en sens inverse induit plutôt une diminution de 18%.

- En T3, une hausse du prix du carburant et de prix des matériels d'équipement suivie d'une baisse du volume d'eau pompée de 10% simultanément induisent une augmentation de 22% sur le coût du m³ d'eau pompée; et en sens inverse, c'est plutôt une diminution de 18%.

- En T4, le même phénomène est observé (c'est-à-dire augmentation de 22 % pour le premier cas et diminution de 18% pour le second).

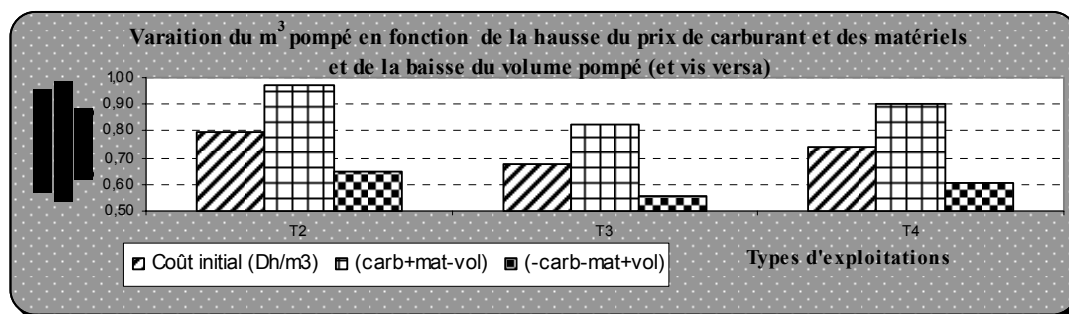


Figure 36 : Variation du coût moyen du m³ d'eau pompée en fonction de la hausse du prix du carburant, hausse des prix de matériels et baisse du volume pompé

La hausse cumulée du prix du carburant, des prix des matériels d'équipement de 10% et la baisse du volume pompé de 10% entraînent une augmentation du coût moyen du m³ d'eau pompée de 22% ; soit de 0,7484 à 0,9147 Dh/m³. Par contre, la baisse simultanée sur le prix du carburant et les prix de matériels d'équipement de 10% associée à la hausse du volume pompé de 10% entraînent une diminution sur le coût moyen du m³ d'eau pompée de 18% ; soit de 0,7484 à 0,6123 Dh/m³.

2.3.2 Variation du coût du m³ d'eau pompée en fonction de la hausse ou de la baisse cumulée du prix du carburant, des prix de matériels et du volume pompé

La hausse ou baisse cumulées des trois paramètres (prix du carburant, prix des matériels d'équipement et volume pompé) au taux de 10%, n'entraînent ni l'augmentation, ni la diminution sur le coût moyen du m³ d'eau pompée. Celui-ci reste inchangé (0,7484 Dh/m³).

Tableau 28: Récapitulatif des variations du m³ d'eau pompée en fonction de différentes hypothèses

N°	Paramètres	Hypothèses	Effets observés	Taux
1	Carburant	Hausse du prix de carburant de 10 %	Augmentation	+ 4, %
		Baisse du prix de carburant de 10%	Diminution	- 4, %
		Hausse du prix de carburant de 20 %	Augmentation	+ 8, %
		Baisse du prix de carburant de 20%	Diminution	- 8, %
2	Matériels	Hausse des prix de matériels d'équipement (10%)	Augmentation	+ 6%
		Baisse des prix de matériels d'équipement (10%)	Diminution	- 6%
3	Volume pompé	Hausse du volume d'eau pompé (10%)	Augmentation	- 9%
		Baisse du volume d'eau pompé (10%)	Diminution	+ 11%
4	Carburant et matériels	Hausse du prix de carburant et des prix de matériels d'équipement (10%)	Augmentation	+ 10%
		Baisse du prix de carburant et des prix de matériels d'équipement (10%)	Diminution	- 10%
5		Hausse du prix de carburant et baisse des prix de matériels d'équipement (10%)	Légère augmentation	- 2%
		Baisse du prix de carburant et hausse des prix de matériels d'équipement (10%)	Légère diminution	+ 2%
6	Carburant et volume pompé	Hausse du prix de carburant et du volume pompé (10%)	Diminution	- 5%
		Baisse du prix de carburant et du volume pompé (10%)	Augmentation	+ 7%
7		Hausse du prix de carburant et baisse du volume pompé (10%)	Augmentation	+ 16%
		Baisse du prix de carburant et hausse du volume pompé (10%)	Diminution	- 13%
8	Matériels d'équipement et volume pompé	Hausse des prix de matériels et du volume pompé (10%)	Diminution	+ 3,7%
		Baisse des prix de matériels et du volume pompé (10%)	Augmentation	- 4,5%
9		Hausse des prix de matériels et baisse du volume pompé (10%)	Augmentation	+ 18%
		Baisse des prix de matériels et hausse du volume pompé (10%)	Diminution	- 14,5%
10	Carburant, matériels et volume pompé	Hausse du prix du carburant, des matériels et du volume pompé (10%)	Aucune variation	0 %
		Baisse du prix du carburant, des matériels et du volume pompé (10%)	Aucune variation	0%
		Hausse du prix du carburant et des prix des matériels et baisse du volume pompé (10%)	Augmentation	+ 22%
		Baisse du prix du carburant et des prix des matériels et hausse du volume pompé (10%)	Diminution	-18%

3. Conclusion

Les variations des paramètres (prix du carburant, prix des matériels d'équipements et volume d'eau pompée) pris individuellement ou simultanément, dans le même sens ou en sens contraire, produisent des effets d'augmentation ou de baisse du coût moyen du mètre cube d'eau pompée ; deux cas d'hypothèse ne produisent aucun effet sur le coût moyen de l'eau pompée: hausse ou baisse simultanée et des trois paramètres au taux de 10%. Dans les autres cas, toute augmentation ou diminution d'un seul paramètre ou de plusieurs paramètres induit une augmentation ou réduction du coût de l'eau pompée.

La hausse des prix des matériels d'équipement de 10% suivie d'une baisse du volume pompé de 10% entraînent une augmentation du coût moyen de pompage de 17,7% (passant de 0,7484 à 0,8810 Dh/m³). Par contre, le phénomène inverse (baisse des prix de matériels et hausse du volume pompé au même taux) entraîne une diminution du coût moyen du m³ d'eau pompée de 14,5% ; passant passe ainsi de 0,7484 à 0,6399 Dh/m³.

La hausse cumulée du prix du carburant et des prix des matériels d'équipement de 10% associée à une baisse du volume pompé de 10% entraînent une augmentation du coût moyen du m³ d'eau pompée de 8,8% ; soit de 0,7484 à 0,9147 Dh/m³. Par contre, la baisse simultanée sur le prix du carburant et les prix de matériels d'équipement de 10% associée à la hausse du volume pompé de 10% entraînent une diminution sur le coût moyen du m³ d'eau pompée de 18,2% ; soit de 0,7484 à 0,6123 Dh/m³.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La superficie irriguée du Tadla est de 125 600 ha dont 97 500 ha irriguée par la grande hydraulique ; le reste étant du domaine de la petite et moyenne hydraulique (PMH), du pompage privé et de l'irrigation par pivot. Les charges en terme d'équipements sur l'investissement de base représentent en moyenne 57% de la valeur moyenne estimée de l'eau contre 43% représentant les coûts du fonctionnement. Les dépenses moyennes des agriculteurs pour les services du canal d'irrigation vont de 10 à 23% de leur revenu net 20 à 49% pour l'eau souterraine. Dans la répartition foncière, 43% des exploitations ne dépassant pas cinq ha de superficie n'occupent que 24% des terres. Par contre, les exploitations de plus de dix ha ne représentent que 14% des propriétés et occupent 35% de la superficie.

Sur les quatorze exploitations suivies, dix possèdent un dispositif de pompage, soit 72%. L'accès à l'eau souterraine est un facteur de distinction entre les exploitations. Hormis la betterave et les cultures maraîchères, cet accès ne change pas les cultures ni les assolements. Par contre, il a une influence sur l'accroissement du rendement des cultures (de plus de 10% pour la luzerne, plus 81% pour l'olivier et plus de 87% pour le blé tendre). La présente étude n'a pas tenu compte de l'influence que pourrait avoir l'accès à l'eau souterraine sur les cultures par rapport aux différents apports en intrants (semences, engrais, herbicides, pesticides etc.).

Pour la luzerne et la betterave, le meilleur rendement est obtenu par le type T3 avec respectivement 44,7 t/ha pour la luzerne et 52,5 t/ha pour la betterave sucrière. Par contre pour l'olivier, le même type T3 donne un faible rendement avec 3,5 t/ha. Le meilleur rendement des cultures maraîchères (oignon et niora notamment) est obtenu pour le type T4 avec respectivement 83 t/ha et 8 t/ha. Pour le même type T4 pour la luzerne, le rendement est faible (29,4 t/ha). Les types T2 et T3 donnent le même rendement en blé tendre (4,2 t/ha) ; rendement inférieur à celui obtenu par T4 (4,9 t/ha) pour la même culture.

La contribution moyenne de l'eau souterraine pour le type T4 est estimée à 39% dans le rendement du blé tendre et 52% dans le rendement de la luzerne. Pour le type T3, la contribution moyenne de l'eau souterraine dans le rendement du blé tendre est estimée à 39% ; 86% pour la luzerne et 44% pour l'olivier. En T2, lorsque la proportion d'eau du réseau

utilisée est inférieure à l'eau souterraine, la contribution moyenne de celle-ci est estimée à 53% dans le rendement du blé tendre, 70% pour la luzerne et 67% pour l'olivier.

Une utilisation à un taux presque équitable d'eau souterraine et d'eau du réseau contribue à améliorer les rendements des cultures. L'eau souterraine utilisée en faible quantité (30 à 50%) par rapport à l'eau du réseau est estimée à 39% dans le rendement du blé tendre, 52% dans le rendement de la luzerne, 51% dans celui du niora et 35% dans celui de l'oignon. Utilisée au taux de 50 à 60% par rapport à l'eau du réseau, la contribution moyenne de l'eau souterraine dans le rendement du blé tendre est estimée à 39%, 86% dans la luzerne et 44% dans l'olivier. Lorsque l'eau du réseau est inférieure à l'eau souterraine (utilisée au taux de 70 à 90%), la contribution moyenne de celle-ci est estimée à 53% dans le rendement du blé tendre, 70% dans celui de la luzerne et 67% de l'olivier.

En définitive, le coût moyen de l'eau pompée est de 0,75 Dh/m³. L'investissement de pompage revient à 1 292 Dh/m de profondeur. Le coût total moyen de l'investissement de pompage réparti sur toute l'année vaut 5 969 Dh/ha et le volume moyen annuel d'eau pompée vaut 7 937 m³/ha ;

Il est reconnu que le tarif en vigueur de l'eau se trouve en dessous de sa valeur réelle parce que bénéficiant de la subvention de l'Etat. Ce qui pourrait dans un autre sens compliquer davantage la pérennité des ouvrages et aménagements existants ainsi que la survie des organismes gestionnaires. Cependant, l'augmentation dudit tarif ne serait supportable par les exploitants que si l'amélioration de leur production est possible ; sachant que l'un des facteurs primordiaux contribuant à cette possibilité d'amélioration est l'accès et la disponibilité de la ressource eau en période culturale. Si cette possibilité se trouve limitée ou compromise, le recours au pompage est plus qu'un palliatif au risque d'hypothéquer l'agriculture.

Aussi, au regard du développement accru du pompage, plus qu'une nécessité, le pompage devient un phénomène d'effet de masse et de la mode. Les prélèvements de l'eau souterraine motivée par l'amélioration des rendements contribueront davantage à augmenter la taille des exploitations, et donc à prélever encore plus. Les potentialités de la nappe permettront-elles encore de prélever continuellement. Une attention particulière devrait être accordée à cette ressource souterraine afin que les prélèvements soient contrôlés pour mieux gérer durablement les ressources souterraines.

Pour parfaire cette étude ainsi que des études futures, nous recommandons ce qui suit :

- Appuyer les études et recherches sur le terrain à travers des mesures incitatives d'accompagnement ou de reconnaissance des exploitations suivies ou enquêtées (invitation aux séminaires, remises des attestations d'encadrement, participation au forum agricole etc.).
- Approfondir la présente étude à travers une évaluation explicite des besoins en eau par rapport à chaque stade du cycle cultural des espèces cultivées ; évaluer en fin de compte si le pompage cadre avec les besoins réels des cultures pris à chaque stade de son cycle de développement.
- Mener des études similaires sur d'autres échantillons pour tester ou confirmer les résultats auxquels nous avons abouti et tirer les recommandations nécessaires.
- Agréger l'étude similaire au niveau d'autres exploitations afin de tirer des conclusions à l'échelle de la communauté, voire du périmètre, au sujet de l'impact du pompage sur la production agricole.
- Accorder une attention particulière aux prélèvements par pompage à travers des dispositifs réglementaires de suivi et de contrôle à l'échelle des exploitations, voire de la communauté.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er Rbia, 2004. Système aquifère multicouche du Tadla, périmètre de sauvegarde et d'interdiction : Nappe profonde du Turonien et de l'Eocène.
- [2] Belghitti, 2004. Valorisation de l'eau et tarification dans les périmètres de "grande hydraulique" au Maroc, INCO-Wademed Seminar, 19-21 Avril 2004, Rabat.
- [3] Belhacene H. et Chayat M., 1992. Evolution des problèmes d'engorgement des sols, de drainage et de la qualité des eaux et des sols dans le périmètre du Tadla. Mémoire de troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc 152p.
- [4] Belkouchi J., 1995. Etude de la gestion et du fonctionnement du réseau de drainage dans la plaine du Tadla. Mémoire cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc pp 6-38.
- [5] Benhida M. 1998. Stratégie intégrée d'utilisation optimale des ressources en eau superficielle et souterraine dans le périmètre du Tadla sous contraintes d'ordre économiques et environnementales, ORMVAT .
- [6] Berrkia N., 2003. Utilisation conjuguée des eaux souterraines et des eaux de surface dans le périmètre de Béni Amir : typologie des pompages et impacts sur la qualité des eaux et des sols. Mémoire de troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc pp 43 - 57.
- [7] Bouazzama B., Bouyahiaoui A., 2000. Situation actuelle de la qualité des sols et des eaux souterraines dans le périmètre irrigué de Tadla. Mémoire de troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat.
- [8] Cances A. L., 2005. Diagnostic des systèmes de production du périmètre irrigué du Tadla, Maroc. Quels sont les facteurs de transformation et de différenciation des exploitations agricoles et leur influence sur leur évolution ? Mémoire Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires Montpellier, France. pp 29 - 60.
- [9] Chekaraou A., 2005. Evolution de l'exploitation des ressources en eaux souterraines dans le périmètre irrigué du Tadla. Mémoire troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc pp 4-31.
- [10] Elibrahimi H., 2004. Etat actuel de l'exploitation des eaux souterraines dans le périmètre irrigué du Tadla : Cas de la nappe phréatique de l'Eocène. Mémoire de troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc pp 12-49.
- [11] Elmehdi E., Oubejja S., 2000. Besoins en eau décennaires des principales cultures des différents périmètres irrigués Marocains. Mémoire troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc pp 29-52.
- [12] El Yacoubi, Z. and Belghiti M., 2002. *Water evaluation, the case of Morocco, evaluation of irrigation water in Morocco*. Ministry of Agriculture Rural Development and Forestry, Rural Engineering Administration, Beirut, Lebanon pp18-26.

- [13] Ezzakkari M., 2001. Modélisation de transfert de solutés dans la nappe phréatique de Béni Amir. Mémoire troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat pp 41- 50.
- [14] Goumari A., 2000. Cours de Statistiques II, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc IAV Hassan II 63p.
- [15] Hammani A., 2004. Evolution de l'exploitation des eaux souterraine dans le périmètre irrigué du Tadla. Actes du séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée ; Projet Inco-Wademed, Rabat, pp 2 - 5.
- [16] Hammani A., 2003. Cours Hydrogéologie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc 107p.
- [17] Hammani A., Kuper M., Debbarh A., 2005. Actes du séminaire Euro Méditerranéen : La modernisation de l'agriculture irriguée Tome₁ 358p. et Tome₂ 368p.
- [18] Hammani et al., 2006. Enquête socio-économique des exploitations du périmètre du Tadla.
- [19] IAV Hassan II et ENA de Meknès, 2004. La modernisation de l'agriculture irriguée ; Résumé des communications (Maroc) 96p.
- [20] Jebbour S., 1995. Utilisation conjuguée des eaux de surface et des eaux souterraines dans le périmètre du Tadla : Aspect quantitatif et qualitatif ; Mémoire troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc 177p.
- [21] Lejet G. et Arnold P., 1987. La Comptabilité agricole, Lavoisier Paris Cedex 249p.
- [22] Mosseddaq F., 1997. Enquête des exploitations agricoles dans le périmètre irrigué du Tadla : évaluation de quelques indicateurs de performance du projet MRT, ORMVA du Tadla/USAID Rapport N°49.
- [23] ORMVAT, 1996. Notes sur le problème de la nappe phréatique dans le périmètre irrigué du Tadla 16p.
- [24] ORMVAT, Bellouti A., Cherkaoui F., Benhida M., 2002. Notes de synthèse des résultats du recensement des puits dans le périmètre irrigué du Tadla 6p.
- [25] Papin, C., 2003. PIM in Tadla. Policy and field reality: a case study of the Beni Amir irrigation scheme, Tadla Region, Morocco. MSc thesis, Wageningen University, pp 18-26.
- [26] Petitguyot T., Petra J. G. J. et Perry C. J., 2003. Agriculture irriguée et utilisations durables des ressources en eau souterraines et de surface. Une exploration micro-économique dans la plaine du Tadla, Maroc Master's thesis, ENGREF – Université Paris X, pp 2 - 6.
- [27] Préfol P., 1986. Prodiges de l'irrigation au Maroc. Le développement exemplaire du Tadla, 1936-1985. Nouvelles Editions Latines, Paris, France 266p.
- [28] Zemzam S. 2003. Stratégies d'utilisation conjuguée des eaux de surface et des eaux souterraines dans le périmètre irrigué des Béni Amir (Maroc) ; Mémoire DEA en sciences de l'eau dans l'environnement continental, CIRAD France pp 55 – 78.
- [29] World Bank, 2003. *Morocco at a glance*.
(http://www.worldbank.org/data/countrydata/aag/mar_aag.pdf).

ANNEXE 1: PRESENTATION DU PERIMETRE

SITUATION GEOGRAPHIQUE

1. Introduction

l'Oued Oum Er Rbia divise la plaine en deux sous périmètres hydrauliquement indépendants :

- Les Béni Amir sur la rive droite de l'Oum Er Rbia d'une superficie de 27 500 ha (et bientôt 35 000 ha) irriguée à partir du barrage de dérivation Kasba Tadla sur l'Oum Er Rbia.
- Les Béni Moussa sur la rive gauche d'une superficie de 69 500 ha irrigués par les eaux de l'Oued El Abid à partir du barrage Bin El Ouidane.

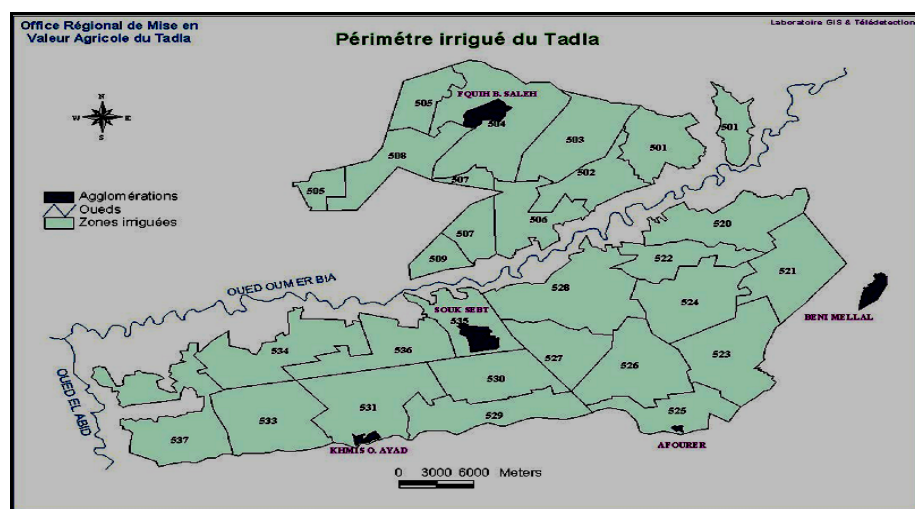


Figure 37 : Carte géographique du périmètre irrigué de Tadla (GIS ORMVAT, 1996)

2 Climat

La plaine du Tadla est caractérisée par un climat du type méditerranéen aride à semi-aride avec un caractère continental marqué par un hiver froid et humide de novembre à mars et un été chaud et sec d'avril à octobre. La saison d'Automne est pratiquement non marquée. Les caractéristiques climatiques sont basées sur les données fournies par la Station agro météorologique d'Ouled Gnaou (l'une des plus anciennes stations, située au Sud-Ouest du périmètre) et la Station de Crat la plus récente, située au Nord-Ouest du périmètre. Les données fournies par les deux stations sont consignées dans les tableaux en annexe.

2.1 Pluviométrie

La pluviométrie moyenne annuelle depuis les cinq dernières années est de 250 mm avec des répartitions non uniformes dans le temps et dans l'espace. La moyenne annuelle des

précipitations pour l'année 2005 varie entre 161 mm à la station de Crat et 234 mm à Ouled Gnaou. Cette pluviométrie est concentrée entre octobre et avril.

Les pluies sont fréquemment groupées durant quelques jours par mois et dépassent rarement les soixante jours par an. Pour l'année 2005, elles se sont limitées à 31 jours (Station de Ouled Gnaou). L'été est caractérisé par l'absence des précipitations à l'exception de rares averses brutales sur le piémont. L'évolution de la pluviométrie dans l'année est représentée ci-dessous et la répartition des précipitations mensuelles est reportée dans la figure 1.4.

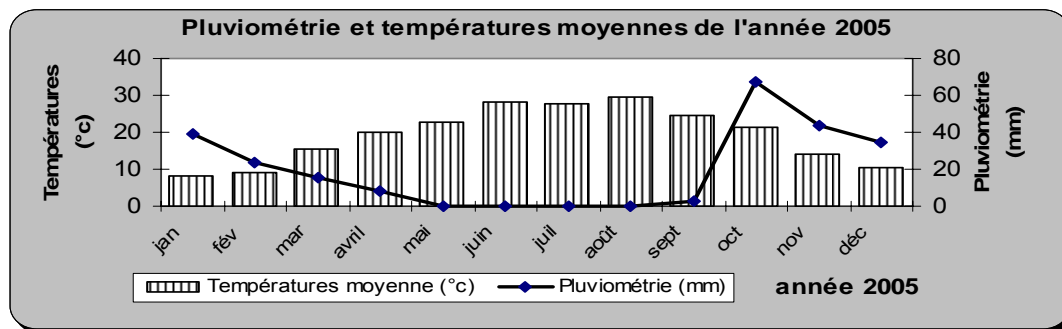


Figure 38 : Histogramme pluviométrie et températures (Station Ouled Gnaou, 2005)

2.3 Températures

Les températures connaissent d'importantes variations saisonnières. Les maxima d'été se situent entre 38 et 41°C avec le maximum de 41°C en août 2005 (voir tableau 1.4). Les minima observés en hivers se situent généralement entre 0 et 5°C et parfois moins. La température minimale relevée de janvier 2000 à décembre 2005 est de 0°C observée en janvier 2005. La température moyenne annuelle dans la région se situe autour de 19°C. Les amplitudes thermiques journalières peuvent dépasser les 20°C. (voir tableau 1.5 ci-dessous).

2.3 Evaporation et vents

L'évaporation moyenne annuelle est de 1800 mm et varie respectivement entre 1500 mm à Béni Mellal et 2000 mm à Kasba Tadla. Sur les cinq dernières années, le minimum de la moyenne mensuelle se situe en décembre (34 mm) et le maximum en août (277 mm). Les précipitations étant généralement nulles en été, les températures sont rarement inférieures à 40° C.

Les vents les plus violents surviennent en été, de juin à septembre. La vitesse moyenne annuelle est comprise entre 1,24 m/s et 1,35 m/s (respectivement à 2 m et à 3m au-dessus du

sol dans les stations de Ouled Gnaou). Les moyennes des vitesses maximales mensuelles se situent entre 1,71 et 1,86 m/s et de direction SW – NE. En hiver, les vents dominants sont du Nord. Ils sont froids et secs. Ceux du Sud-Ouest sont humides. En été, ils sont chauds et secs et de direction Sud-Est. La présence des chaînes Atlas atténue les courants venant du Sud.

2.4 Grêle et rayonnement solaire

Le périmètre des Béni Moussa est entièrement englobé par un couloir de grêle. Celle-ci s'abat au moins une fois l'an et le plus souvent durant la période mars, avril et mai. Le rayonnement solaire moyen annuel enregistré au niveau du périmètre varie entre 18,95 MJ/m² (station d'Ouled Gnaou) et 18,53 MJ/m² (station de Crat). Les valeurs maximales sont concentrées autour de 27 MJ/m² en période estivale alors que les minima sont de l'ordre de 11 MJ/m² en période hivernale. La variabilité spatiale du rayonnement est très minime, avec une valeur moyenne de 0,3 MJ/m² observée à la station de Crat.

Tableau 29 : Données météorologiques de la station Ouled Gnaou

Latitude : 32,3075 altitude : 450 m Coordonnées x = 96184,87 ; y=190618,29									
Année	Tmoy	Hmx	Hmn	Rs	Vent,3m	Vent,2m	DirVent	Pluv	ET Bl_Cr
2005	(° C)	(%)	(%)	(MJ/m ²)	(m/s)	(m/s)	(Deg)	(mm)	(mm/j)
Janvier	8,10	100,60	35,57	13,41	0,89	0,82	79,63	39	75,54
Février	9,24	96,07	36,58	14,41	1,20	1,10	110,48	24	44,32
Mars	15,65	97,31	32,11	18,06	1,25	1,14	156,55	16	116,08
Avril	19,86	103,25	26,33	30,24	1,61	1,48	245,28	8	127,56
Mai	22,90	80,31	19,22	28,86	1,59	1,46	227,72	0	175,17
Juin	28,33	72,78	18,89	30,00	1,67	1,54	207,90	0	222,78
Juillet	27,86	77,94	21,51	30,27	1,86	1,71	230,21	0	234,52
Août	29,36	77,82	14,84	27,77	1,67	1,53	244,85	0	234,81
septembre	24,41	81,46	19,75	23,38	1,36	1,25	238,21	2	161,33
Octobre	21,36	92,93	16,40	17,25	1,12	1,03	198,49	67	134,07
Novembre	14,08	96,83	20,41	13,43	1,06	0,98	133,47	43	75,81
Décembre	10,58	102,28	14,00	11,52	0,95	0,87	61,18	34	30,97
T / Moy	19,31	89,96	22,97	21,55	1,35	1,24	177,83	234	1632,97

Tmoy : températures moyennes (en °C)

Pluv : pluviométries (mm)

Hmx : humidité maximale (%)

Vent, 3m : vitesse du vent à 3 m du sol (m/s)

Rs : radiations solaires (en MJ/m²)

ET Bl Cr : Evapotranspiration selon la méthode de Blaney Criddle (mm/j)

T /Moy : Total (pour pluviométrie et ET Bl_Cr) et moyenne pour le reste des paramètres.

3 Ressources en eaux de surface

L'Oum Er Rbia est le principal cours d'eau de la plaine. Il prend sa source dans le moyen Atlas à 26 km au Nord-Est de Khenifra où une quarantaine de sources vaclusiennes sont à son origine. L'Oued Srou, principal affluent du cours supérieur draine un bassin versant.

L'Oued El Abid, situé sur la rive gauche de l'Oum Er Rbia, déverse son eau sur la plaine avec un débit moyen annuel de 32 m³/s. A l'entrée de la plaine, le débit moyen de l'Oued Oum Er Rbia est de 10 m³/s en période estivale. Les eaux de cet affluent sont régularisées par le barrage Bin El Ouidane d'une capacité de 1 500 millions de m³ d'eau. La plaine est composée de deux périmètres hydrauliquement indépendants :

- Béni Amir : Situé sur la rive droite de l'Oued Oum Er Rbia, il couvre une superficie de 27 500 ha (et bientôt 35 000 ha en fin d'aménagement). Il est irrigué par les eaux dérivées de l'Oued Oum Er Rbia par un barrage de dérivation à Kasba Tadla. La dotation annuelle pour cette zone est de 280 millions de m³ ; elle passerait à 420 millions de m³ après la construction du barrage Dehar El Oued.

- Béni Moussa : Assuré par les eaux du barrage Bin El Ouidane, sa superficie irriguée est de 69 500 ha. En dehors de la grande hydraulique (d'une superficie de 9 500 ha), la zone comprend des secteurs de PMH (14 000 ha), et de pompage (3 600 ha).

3.1. Hydrographie

Le réseau hydrographique du Tadla est caractérisé principalement par l'Oued Oum Er Rbia, deuxième fleuve du Maroc après le Sebou et auquel s'ajoutent ses affluents (Oued Derna et Oued El Abid). Cet Oued traverse la plaine du Tadla sur environ 160 km et généralement dans le sens ENE-WSW jusqu'à l'about de sa confluence avec Oued El Abid, puis change de direction dans le sens NW-SE. Les eaux de cet Oued sont très salées de part leur origine et en raison des eaux des affluents de l'Oued Srou.

En rive droite de l'Oum Er Rbia, la plupart des Oueds n'atteignent l'Oum Er Rbia que lors d'importantes crues. Les cours d'eau rencontrés sont Mellah, Bou Begra, Taherzrit, Bouguerroum et Zem. En rive gauche, contrairement à la rive droite, le réseau hydrographique est organisé et renferme plusieurs Oueds aménagés en collecteurs et d'autres pérennes. L'Oued El Abid, représentant le plus grand affluent de l'Oum Er Rbia d'orientation SE-NW, longe plus de 20 km en plaine. Il traverse celle-ci sur plus de 25 km avant de déboucher sur l'Oum Er Rbia et l'Oued Derna de direction Est-Ouest. A l'Ouest de ces Oueds, une vaste région sans drainage naturel s'étend jusqu'aux confins d'El Borouj. Cette zone renferme l'actuel périmètre irrigué des Beni Amir.

3.2 Cycle hydrologique

Les précipitations se transforment en eau de surface, en humidité du sol et en eau souterraine. L'eau souterraine circule à nouveau vers la surface, et de la surface, elle retourne à l'atmosphère par évaporation et transpiration.

Le volume d'eau se déversant dans les cours d'eau lors des précipitations dépend de la quantité d'eau que les matériaux souterrains peuvent absorber. Lorsque la quantité d'eau à la surface est supérieure à la capacité d'absorption des matériaux souterrains, elle se déverse dans les cours d'eau et les lacs. Le temps de séjour de l'eau dans la portion souterraine du cycle hydrologique, varie de quelques jours ou semaines à plusieurs milliers d'années.

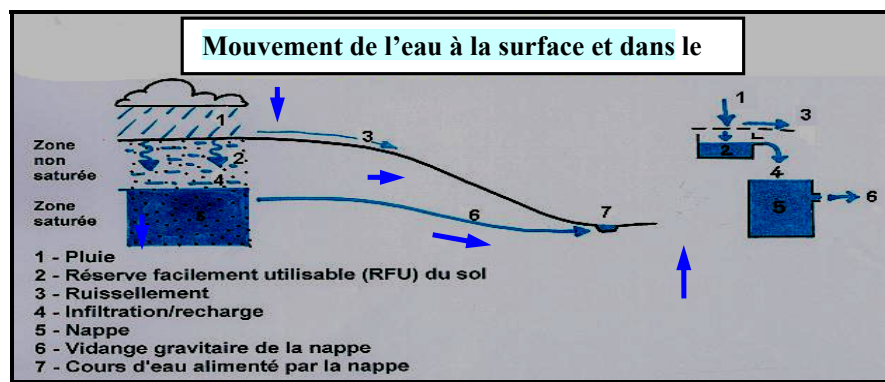


Figure 39 : Schéma du mouvement de l'eau à la surface du sol et dans le sol

4 Géologie

Deux unités géologiques distinctes et séparées par l'Oued Oum Er Rbia constituent le périmètre du Tadla : la plaine des Béni Amir en rive droite et celle des Béni Moussa en rive gauche. Les formations superficielles formant les roches mères des sols sont des alluvions du Quaternaire moyen. L'origine et le faciès de ces alluvions sont totalement différents dans les Béni Amir et dans les Béni Moussa : dans les Béni Amir, les dépôts sont issus du plateau des phosphates ou des marnes du Crétacé qui les bordent. Par contre dans les Béni Moussa, les alluvions sont d'origine atlasique, plus argileuses, peu calcaires et rubéfiées. De manière générale, la formation géologique de la plaine a donné naissance à trois entités hydrogéologiques : la Nappe phréatique des Béni Amir et des Béni Moussa circulant dans les formations du Plio-Quaternaire, la Nappe des calcaires de l'Eocène et la Nappe des calcaires Turoniens.

5. Sols et structures foncières

Les sols prédominants dans le périmètre du Tadla sont les sols bruns isohumiques subtropicaux au potentiel de production agricole élevé, en raison de leur profondeur et de leur texture équilibrée. Ils sont favorables à la mise en valeur sous irrigation. Le long de Oum Er Rbia et à la bordure du périmètre, se trouvent d'autres sols de moindre importance ; ils sont peu évolués d'érosion et calcimagnésiques. Enfin une faible superficie est occupée surtout le long du Moyen-Atlas dans les Béni Moussa par les vertisols et les sols rouges méditerranéens.

5.1 Dans les Béni Amir

D'après la classification pédologique française (Aubert, 1965), on rencontre cinq principaux types de sols dans les Béni Amir :

5.1.1 Les sols isohumiques

De part leur profondeur et leur structure équilibrée, ils sont favorables à l'irrigation. Ils représentent dans les zones irriguées près de 83% des sols répartis en trois sous-ensembles :

1. Sols bruns subtropicaux modaux (74%) : profonds, de texture équilibrée argileuse, ils ont une réserve en eau utile de plus de 60 mm et un gradient de calcaire croissant avec la profondeur (10 à 20%).
2. Sols bruns subtropicaux salins et/ou alcalins (7%) : profonds à moyennement profonds, calcaires dès la surface, ils reposent sur une dalle épaisse ou croûte friable. Leur réserve en eau utile est comprise entre 40 et 50 mm et sont de texture argileuse et argilo limoneuse.
3. Sols châtaîns modaux (2%): peu calcaires, très profonds, de texture équilibrée et avec une réserve en eau utile entre 60 et 70 mm. Le gradient en matière organique décroît avec la profondeur. (Jebbour, 1995[20]).

5.1.2 Les sols calcimagnésiques bruns calcaires

Représentant environ 11% des sols, ils sont peu profonds, très calcaires, caillouteux et de texture équilibrée, avec une réserve facilement utilisable variant entre 20 et 25 mm. On les observe le long de l'Oued Oum Er Rbia et Derna.

5.1.3 Les sols peu évolués et complexes

Prédominants en montagne ou en bordure du plateau des phosphates à relief accidenté, ils sont squelettiques et présentent de nombreux affleurements rocheux. Destinés aux activités sylvo-pastorales, ils représentent 4% des sols.

5.1.4 Les sols à sesquioxides de fer

Moyennement profonds et graveleux en surface, ils sont à caractère iso humique. Ils reposent sur des argiles rouges à silex sans teneur en calcaire. Ils sont riches en phosphore assimilable à cause de leur proximité du plateau des phosphates. Ils représentent 1% des sols.

5.1.5 Les sols hydromorphes

Profonds, peu graveleux et reposant sur une croûte calcaire, ils se situent dans les zones du bas-fonds ou en cuvettes ; ce qui entraîne une hydromorphie et une accumulation de sels remarquées au niveau du profil. La salure est bien exprimée dans les horizons supérieurs ; soit 1% des sols.

5.2 Dans les Béni Moussa

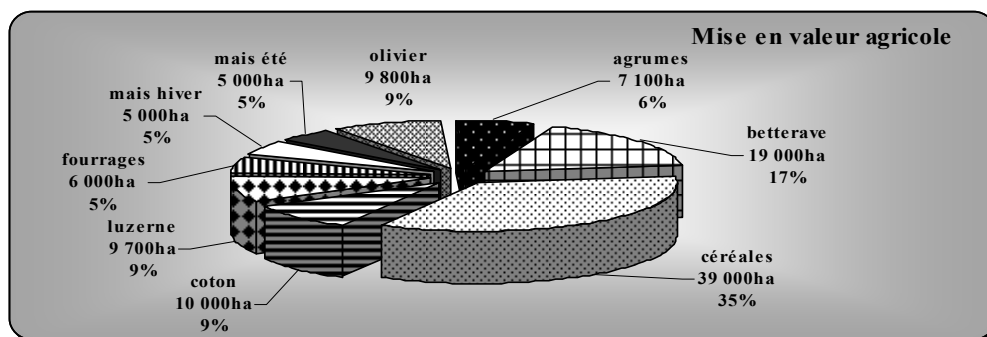
Selon la classification de Jaminet R. (1953), trois principaux types de sols sont rencontrés et appartiennent aux groupes suivants :

1. Les sols châtaîns et les sols bruns, prédominants sur le périmètre (dans les vastes plaines d'épandage des eaux ruisselantes de l'Atlas) ; les sols bruns toujours calcaires, se retrouvent sur la périphérie de la plaine et au voisinage des vallées des Oueds Oum Er Rbia et El Abid.
2. Les sols rouges sans trace de calcaires,
3. Les sols de Rendzine très peu profonds.

6 Structure foncière et assolements

L'héritage est le mode d'acquisition des terres le plus courant. Puis viennent le métayage, l'achat et la location. La structure juridique des principales terres cultivées au niveau du périmètre est dominée par le Melk avec près de 80%, puis viennent les terres collectives et domaniales respectivement dans les Béni Amir et les Béni Moussa comparé aux terres collectives et domaniales, aux Guiche et Habous.

Les sols dans le Tadla sont marqués par la prédominance des cultures céréalières qui occupent près de 35% de SAU (soit 39 000 ha). Par la suite, vient la betterave à sucre. Les assolements à l'échelle du périmètre sont résumés dans la figure 40 comme suit, avec un total de 110 600 ha :



(Données enquêtes auprès des exploitations)
Figure 40 : Mise en valeur agricole (2004/2005)

7. Environnement socio économique

L'activité économique au niveau du périmètre irrigué du Tadla ne cesse de croître. Aussi, l'introduction de l'irrigation a révolutionné un mode de vie jusque là basé sur une agriculture extensive et soumise aux aléas d'une pluviométrie insuffisante et irrégulière. Des méthodes modernes de production ont été introduites, des cultures industrielles arboricoles et maraîchères ont été développées ; ce qui a entraîné un changement et une évolution au niveau de l'appareil de production, de la nature même des spéculations et de la productivité. Parallèlement, les conditions générales de l'habitat rural changent grâce aux constructions en matériaux durs, à l'adduction d'eau potable, à l'électrification et au désenclavement des douars.

Au chapitre des industries de transformation des produits agricoles on peut citer notamment : les huileries, tannerie, sucrerie, transformation d'aliments pour le bétail, conditionnement (à Béni Mellal) ; huileries, unité de séchage de la luzerne, laiterie (à Fquih Ben Salah) ; usine d'égrenage du coton, sucrerie et raffinerie de sucre (à Souk Sebt) ; Sucrerie (à Oulad Ayad).

8. Conclusion

La plaine du Tadla est caractérisée par un climat du type méditerranéen aride à semi-aride avec un caractère continental marqué par un hiver froid et humide de novembre à mars et un été chaud et sec d'avril à octobre. Les pluies sont fréquemment groupées et dépassent rarement les soixante jours par an. La température moyenne annuelle se situe autour de 19°C. Les amplitudes thermiques journalières peuvent dépasser les 20°C. L'Oum Er Rbia est le principal cours d'eau de la plaine. Il prend sa source dans le moyen Atlas à 26 km au Nord-Est de Khenifra.

ANNEXE : AMENAGEMENTS HYDRO AGRICOLES

1. Introduction

L'Etat Marocain a consenti d'importants efforts en matière d'investissements hydro-agricoles : la mise en place d'un système d'encadrement technique, de développement et d'appui à la production agricole, le développement d'infrastructures d'irrigation etc. Les travaux d'aménagements hydro-agricoles ont commencé en 1929 dans les Béni Amir. La première mise en eau à partir des eaux de l'Oued Oum Er Rbia date de 1938. Dans les Béni Moussa, les aménagements ont commencé en 1949 et la première mise en eau en 1954. Les eaux du barrage Bin El Ouidane irriguent les Béni Moussa. La superficie actuellement irriguée est de 114.000 ha. Le mode d'irrigation prédominant est le gravitaire ; l'irrigation par localisée et par pivot sont encouragées.

2. Infrastructures hydrauliques

2.1 Ressources en eau

L'Oued Oum Er Rbia est le principal cours d'eau du Tadla. Son débit moyen annuel est de 38,6 m³ /s. Les eaux souterraines sont constituées par : une nappe phréatique et une nappe turonienne. Les ressources des nappes phréatiques sont estimées à 350 millions de m³ /an.

2.2 Equipements hydro-agricoles

Ils comprennent :

1. Les infrastructure de base : La mobilisation des eaux est assurée par le barrage Bin El Ouidane régularisant un volume de 1100 millions de m³, le barrage de dérivation Kasba Tadla, le barrage de prise et de compensation Aït Ouarda Afourer, dérivant les eaux dans une galerie de 10,5 km de longueur ;
2. Les canaux et ouvrages principaux : Le périmètre est desservi par des canaux principaux de 230 km de long, des canaux primaires et secondaires de 630 km et des canaux tertiaires de 1800 km. Le réseau d'assainissement est de 1703 km de long.

2.3 Surfaces aménagées

Elles concernent aussi bien le périmètre des Béni Amir que celui des Béni Moussa et s'élèvent à 107 000 ha, entièrement aménagées. Le périmètre est dominé par l'irrigation gravitaire gérée par l'Office du Tadla (ORMVAT). La superficie irriguée est de 125 600 ha dont 97 500 ha irriguée par la grande hydraulique ; le reste étant du domaine de la petite et moyenne hydraulique (PMH), du pompage privé et de l'irrigation par pivot. En 2005, la superficie agricole utile du périmètre, constituée par la superficie irriguée, les Bours cultivables et les parcours, couvrait près de 300 000 ha. La grande hydraulique occupe 78% de la superficie totale irriguée et, c'est également le domaine de l'irrigation gravitaire. La plaine du Tadla couvre une superficie totale de 326.300 ha. Le tableau 30 montre la répartition de cette superficie totale.

Tableau 30 : Aménagements hydro agricoles du périmètre du Tadla (année 2005)

Superficie irriguée : 125 600 ha	Superficie non irriguée : 200 700 ha
<ul style="list-style-type: none">- Grande Hydraulique : 97.500 ha- Petite et Moyenne Hydraulique : 9.500 ha- Pompage : 14.000 ha- Pivots : 4.600 ha	<ul style="list-style-type: none">- Bour cultivable : 135.205 ha- Forêts : 10.325 ha- Parcours : 38.950 ha- Inculte : 16.220 ha

(Source : ORMVAT, 2005)

2.3.1 Périmètre des Béni Amir

Le périmètre des Béni Amir est l'un des plus anciens périmètres irrigués au Maroc. La superficie totale actuellement irriguée par la grande hydraulique est de 97 500 ha. Il est irrigué par l'Oued Oum Er Rbia. Le barrage de dérivation Kasba Tadla construit en 1929 (et achevé en 1931) dévie une partie des eaux de l'Oum Er Rbia. La surface de la retenue à la côte du seuil de déversant est de 4 ha et pouvant retenir un volume de 120 000 m³. Les ouvrages de prise sont constitués par un seuil de 20 m de longueur et un bassin de décantation muni d'un déversoir latéral de 20 m de longueur également. A partir de ce barrage, un canal de dérivation de 24 km de longueur véhiculant un débit de 19 m³/s, chemine l'eau jusqu'au canal principal (des Béni Amir) situé au nord du périmètre. Ces eaux arrivent dans un bassin de décantation d'une capacité d'environ 100 000 m³ à Kasba Zidania. A partir de ce bassin, partent deux grands ouvrages de prise : un siphon de 15 m³/s de capacité nominale passant sous l'Oum Er Rbia et desservant les Béni Amir ; une galerie en pression de la centrale hydro-électrique de Kasba Zidania, située sous le bassin.

L'année 1936 a marqué le début de l'aménagement du périmètre avec 40 ha irrigués (Jebbour, 1995[20]). Initialement, le réseau d'irrigation était en terre. Des problèmes d'engorgement des sols dus à l'accumulation des pertes d'eau occasionnées par le réseau ont commencé à se poser en 1946. A partir de 1950, le réseau de canaux en béton armé a progressivement remplacé le réseau en terre. La remontée de la nappe phréatique en surface survenue dans la seconde moitié des années 40 a favorisé la mise en place d'un réseau de drainage. Ce réseau s'est étendu entre 1956 et 1960, puis entre 1973 et 1983. Durant ces périodes, les problèmes d'engorgement ont fait leur réapparition.

2.3.2 Périmètre des Béni Moussa

L'Oued El Abid, affluent de l'Oum Er Rbia dessert le périmètre des Béni Moussa et comprend deux grands aménagements hydrauliques : le barrage Bin El Ouidane construit en 1957 sur l'oued El Abid d'une capacité de 1,5 milliards de m³ (Belhacene et Chayat, 1992[4]) ; et le barrage Ait Ouarda Afourer en aval, d'une capacité de 3,8 millions de m³, reçoit les eaux turbinées de l'usine hydro-électrique installée au pied de Bin El Ouidane. Les eaux dérivées de l'Oued El Abid sont acheminées dans une galerie souterraine bétonnée de 10 570 m de long avec un débit de 48 m³/s et qui aboutissent à l'usine hydro-électrique d'Afourer sous 235 m de chute. Les eaux d'irrigation de Béni Moussa sont turbinées, puis restituées dans un bassin de tranquillisation, à la sortie de l'usine d'Afourer. Le canal D et le Canal GM débitant respectivement 16 et 32 m³/s, sont les deux principaux canaux qui irriguent le périmètre des Béni Moussa. Ils prennent leur source à la sortie de l'usine hydroélectrique d'Afourer (ville située au Sud dudit périmètre). Du canal principal « G.M », partent trois canaux secondaires : le canal « G », le canal coursier dans les Béni Moussa (qui comprend le canal médian Ouest et le canal médian Est), et le canal « T2 » (périmètre du Haouz).

Le réseau d'irrigation dans les Béni Moussa se développe sur une longueur totale de 2 360 km dont 200 km de canaux principaux. L'équipement du périmètre en canaux d'irrigation a commencé de 1947 à 1973 (Belkouchi, 1995[4]). Et en 1999, la superficie irriguée totale dans les Béni Moussa atteignait 69 500 ha. Avec la mise en eau du périmètre et le mauvais fonctionnement du réseau de drainage, des remontées d'eau ont été observées, affleurant parfois à la surface dans les Béni Moussa Ouest.

3 Caractérisation des aménagements hydro agricoles

3.1 Organisation du réseau d'irrigation

Le réseau d'irrigation est organisé comme suit de l'amont vers l'aval :

1. le réseau principal suivant les courbes de niveau ;
2. le réseau primaire en canaux portés réalisés dans le sens de la plus grande pente ;
3. le réseau secondaire en canaux portés et sensiblement parallèles aux courbes de niveau ;
4. le réseau tertiaire en canaux portés réalisés sensiblement dans le sens de la plus grande pente. Ce réseau est imposé par la trame d'irrigation adoptée ;
5. le réseau quaternaire ou réseau des arroseurs en terre et de faible pente suit sensiblement les courbes de niveau. Chaque arroseur est alimenté par une prise sur le canal tertiaire porté. Celui-ci à son tour dessert une parcelle en eau.

3.1.1 Sources d'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation provient du canal et/ou des puits individuels. Au niveau du périmètre de façon générale, près de 60% des agriculteurs des Béni Amir et Béni Moussa Est et 80% des Béni Moussa Ouest n'utilisent que l'eau du canal. Le pompage privé est de plus en plus utilisé, surtout dans les Béni Amir où l'utilisation combinée des deux ressources représente près de 55% des cas. L'utilisation du pompage seul comme source d'eau d'irrigation est limitée. La pratique du pompage la plus élevée est observée dans 25% des cas dans les Béni Amir contre 12% dans les Béni Moussa Ouest. La diversification et l'intensification des cultures nécessitant un apport d'eau plus important que la dotation du réseau expliquent le développement du pompage. La faible pratique du pompage dans les Béni Moussa Est serait due en partie à la qualité de l'eau de la nappe (salinité). Quelques rares cas n'utilisant pas du tout l'eau du réseau : 3 cas sur 52 dans les Béni Amir, 6 sur 49 dans les Béni Moussa Est et 3 sur 47 dans les Béni Moussa Ouest. L'endettement des agriculteurs vis-à-vis de l'Office, l'insuffisance de la dotation de l'eau du réseau, la situation en queue du réseau et/ou l'état vétuste des canaux seraient les causes principales de cette situation.

3.1.2 Techniques d'irrigation

L'irrigation gravitaire est prédominante sur l'ensemble du périmètre. L'irrigation par centre pivot et la micro irrigation sont encouragées. La technique d'irrigation qui domine par excellence est la Robta, constituée de petits bassins perpendiculaires à la pente générale de la

parcelle (voir tableau 1.6). Les dimensions moyennes de la Robta ne sont pas forcément fonction de la culture, mais plutôt des caractéristiques physiques du milieu (taille de la parcelle, relief, pente du terrain, ressources en eau ...).

L'eau du réseau est la plus importante source d'irrigation : environ 79% des cas dans les Béni Moussa Ouest, 60% dans les Béni Moussa Est et 59% dans les Béni Amir. L'utilisation de l'eau souterraine pour augmenter le débit ou combler le déficit de l'eau de surface est fréquente au niveau du périmètre. La durée moyenne d'irrigation est de 11 à 13 h/ha sur les parcelles nivelées contre 12 à 14 h/ha sur les parcelles non nivelées. Les nivellements sont plus fréquemment réalisés dans les Béni Amir que dans les deux autres périmètres. La première irrigation prend plus de temps que la dernière irrigation et la durée d'arrosage par hectare reste plus longue lorsque le débit est faible.

Tableau 31: Dimensions moyennes de la Robta pour quelques cultures

Périmètre Cultures	Béni Amir		Béni Moussa Est		Béni Moussa Ouest	
	Longueur	Largeur	Longueur	Largeur	Longueur	Largeur
	Betterave		Blé dur		Betterave	
Minimum (m)	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0
Maximum (m)	100,0	5,0	40,0	8,0	10,0	10,0
Moyenne (m)	34	4	11,5	5,1	7,1	4,1
	Blé tendre		Blé tendre		Blé tendre	
Minimum (m)	4,0	3,0	3,0	2,0	6,0	3,0
Maximum (m)	100,0	10,0	93,0	10,0	30,0	15,0
Moyenne (m)	22,1	5,3	17,0	5,4	16,7	12,0
	Luzerne		Luzerne		Luzerne	
Minimum (m)	4,0	1,0	5,0	3,0	6,0	3,0
Maximum (m)	50,0	10,0	20,0	6,0	25,0	4,0
Moyenne (m)	10,9	4,6	9,3	4,0	18,2	3,8

(Mossadek, janvier 1997).

3.1.3 Temps moyen d'arrosage

Généralement, le temps d'arrosage de la dernière irrigation est inférieur à celui de la première irrigation. De même, le temps d'arrosage avec un débit de 30 l/s est inférieur au temps d'arrosage avec 20 l/s. La distribution de l'eau se fait à des doses fixes ; les intervalles de temps entre les irrigations sont fonction des besoins réels des cultures. La dose nette d'irrigation représente les 2/3 de la réserve utile, soit 60 mm. La dose brute tient compte de l'efficacité à la parcelle fixée à 70%. Avec une main d'eau fréquente de 30 l/s (quelque fois 20 l/s), la dose brute d'irrigation pour un hectare est livrée en un temps de 8 heures. Une fois l'eau arrivée à la parcelle, il revient à l'exploitant d'irriguer la culture de son choix. Et

l'éventuel excès est déversé sur une ou d'autres parcelles. Le temps moyen d'arrosage à l'hectare par périmètre varie entre 12 à 14 h pour un débit de 20 l/s et 11 à 13 h pour 30 l/s. Dans les Béni Amir, 30 l/s est le débit fréquemment utilisé (avec 80% des cas), contre 20 l/s dans les Béni Moussa (avec 85% des cas dans les Béni Moussa Est et 92% dans les Béni Moussa Ouest).

La fréquence du nivellement est plus importante dans les Béni Amir en raison de la moins bonne qualité des sols ou de la conscientisation des agriculteurs sur l'effet bénéfique du nivellement vis-à-vis de l'efficience de l'irrigation. Les coûts du nivellement varient de 100 à 600 Dh/ha avec une moyenne de 230 Dh/ha dans les Béni Amir, contre 325 Dh/ha (coefficient de variation de 67%) dans les Béni Moussa Est.

A quelques exceptions près, le temps d'arrosage à 30 l/s est généralement inférieur à celui de 20 l/s, surtout dans le Béni Moussa. De même, le temps d'arrosage de la première irrigation est généralement supérieur ou égal à celui de la dernière irrigation. La quantité d'eau nécessaire pour combler la réserve en eau du sol est plus importante. Dans le cas de la betterave à sucre avec un débit de 30 l/s, le temps d'arrosage est plus faible dans les Béni Moussa Est (12 h/ha). Il est suivi de celui des Béni Moussa Ouest (13 h/ha), lui-même inférieur à celui des Béni Amir (14 h/ha). Ceci est vrai pour la première irrigation pour le blé tendre et la luzerne (voir tableau 31).

3.2 Caractéristiques du réseau d'irrigation

Les dimensions d'un bloc d'irrigation sont fixées par le choix de la Trame d'irrigation ; elle-même déterminée par la taille de l'exploitation. Les dimensions courantes sont de 40 cm maximum de largeur et 75 cm de longueur.

Les principales contraintes qui caractérisent le système d'irrigation à la robta, sont :

1. des pertes en eau considérables dues aux fuites au niveau des ouvrages, à la situation de certains exploitants en queue du réseau ; une efficience à la parcelle inférieure à 50%, contre 70% prévue par l'aménagement ;
2. Une durée d'arrosage de 12h à 15h contre 8h prévue initialement avant l'aménagement (ORMVAT, 2001) ;
3. Une perte de 10 % sur la superficie exploitée en raison de la multitude de seguias ;
4. Une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'arroiseur ou seguia ;

5. Des difficultés de couvrir les besoins en eau des cultures en période de pointe.

Tableau 31 : Temps moyen d'arrosage dans les périmètres du Tadla

Périmètre	Cultures	Débit de 20 l/s		Débit de 30 l/s	
	Irrigation	Première	Dernière	Première	Dernière
	Unités	h/ha	h/ha	h/ha	h/ha
Béni Amir	Betterave	14	13	14	14
	Blé tendre	15	15	14	13
	Luzerne	12	9	13	11
	<i>Moyenne</i>	<i>14</i>	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>13</i>
Béni Moussa Est	Betterave	15	14	12	10
	Blé dur	16	15	13	15
	Blé tendre	16	16	12	13
	Luzerne	14	12	9	8
	Olivier	11	10		
	Niora	15	13		
	<i>Moyenne</i>	<i>14</i>	<i>13</i>	<i>12</i>	<i>12</i>
Béni Moussa Ouest	Betterave	16	14	13	13
	Blé dur	16	12	13	15
	Blé tendre	16	13	13	13
	Luzerne	13	12	10	10
	Olivier	11	10		
	Fève	15	12		
	Haricot	12	11		
	Niora	14	12		
	<i>Moyenne</i>	<i>14</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>13</i>

(Source : ORMVAT 1997)

Pour remédier à ces contraintes, des techniques plus économes d'eau sont de plus en plus encouragées au niveau des agriculteurs. L'amélioration de la robta traditionnelle par l'augmentation des dimensions des bassins élémentaires tend à procurer aux exploitants des gains en eau, en terre, en heures d'irrigation et une meilleure circulation d'eau à la parcelle.

3.3 Organisation de la gestion des eaux d'irrigation

L'Office (ORMVA) est la structure publique gestionnaire du périmètre irrigué du Tadla. Il a été créé en 1966 par le décret Royal n° 828/66 du 7 Rajeb 1386 (22 octobre 1966) et placé sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes. Les principales missions assignées à cette structure sont :

1. gestion des ressources en eau à usage agricole dans plaine du Tadla ;
2. aménagement hydro agricole des terres irriguées ;
3. intensification et mise en valeur agricole, encadrement et organisation des agriculteurs (Berrkia, 2003[6]).

Par ailleurs, l'ORMVA possède des organes exécutifs : les Centres de Développement Agricole (CDA) et les Centres de Gestion des Réseaux (CGR). Les premiers assurent le suivi des agriculteurs, la vulgarisation, les conseils et l'orientation des pratiques agricoles. Les seconds sont chargés de l'entretien et du bon fonctionnement des tertiaires et des quaternaires. Les Aiguadiers et les Agents de distribution, dont la mission est d'organiser les tours d'eau relèvent des CGR. La distribution de l'eau est assurée pour les parcelles enregistrées par l'Office, desservies par un tertiaire fonctionnel, et à jour dans le règlement des factures d'eau. L'Office fixe les dotations, organise la distribution de l'eau et établit les factures réglables par trimestre.

L'Agence de Bassin Hydraulique (ABH), est la structure qui gère l'Oued Oum Er Rbia. Elle s'occupe de l'ensemble des acteurs exploitant les ressources en eau de surface et souterraine, pour des fins agricoles, industriels et d'eau potable. Les autorisations de pompage devraient avoir l'accord de l'ABH.

En ce qui concerne l'organisation des agriculteurs au sein des groupements coopératifs, l'on compte plusieurs associations (des Eleveurs du Tadla, des Irrigants, des betteraviers, des maraîchers etc.). Il existe plusieurs associations professionnelles : Comité Agrumicole, Conseil Apicole, Conseil Oléicole Régionale, Union Provinciale des Coopératives de la Réforme Agraire etc.

4. Conclusion

Le périmètre est essentiellement dominé par l'irrigation gravitaire gérée par l'Office du Tadla (ORMVAT). La superficie irriguée est de 125 600 ha dont 97 500 ha irriguée par la grande hydraulique ; le reste étant du domaine de la petite et moyenne hydraulique (PMH), du pompage privé et de l'irrigation par pivot. En 2005, la superficie agricole utile du périmètre, constituée par la superficie irriguée, les Bours cultivables et les parcours, s'étend sur près de 180 000 ha. La plaine du Tadla couvre une superficie totale de 326.300 ha.

Les dimensions des bassins sont variables en fonction des périmètres et des cultures. Dans le Béni Amir, la longueur moyenne des bassins pour la betterave est de 34,4 m dans un intervalle allant de 4 à 100 m pour une largeur moyenne de 3,4 m. Pour le blé dur, les longueurs et largeurs moyennes sont 31,2 et 5,5 m ; pour le blé tendre, la longueur et largeur moyennes respectives sont de 22 m et 5,3 m ; pour la luzerne, la longueur moyenne est de 10,9 m et la largeur 4,6 m.

ANNEXE 2 : Typologie de classification des exploitations

Critères de classification		Type 1				Type 2					Type 3			Type 4	
Variantes		V 1.1	V 1.2	V 1.3	V 1.4	V 2.1	V 2.2	V2.32	V 2.4	V 2.5	V 3.1	V 3.2	V 3.3	V 4.1	V 4.2
Exploitations		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Ressource en eau utilisée	Eau du réseau seule Er	30 l/s	30 l/s	30 l/s	20 l/s	30 l/s	30 l/s	20 l/s	20 l/s	30 l/s	25 l/s	20 l/s	20 l/s	20 l/s	20 l/s
	Eau souterraine seule Es					16 l/s	20 l/s	15 l/s	16 l/s	20 l/s	25 l/s	20 l/s	20 l/s	20 l/s	15 l/s
Mode d'utilisation : seule, combinée (comb.)		Seule	Seule	Seule	Seule	Comb.	Comb.	Comb.	Comb.	Comb.	Comb.	Comb.	Comb.	Comb.	Comb.
Dispositif de pompage	Ni puits ni forage	✓	✓	✓	✓										
	Puits (individuel ou collectif)				Coll.	Ind.	Ind.			Ind.		Ind.		Ind.	
	Forage (individuel ou collectif)	Ind.	Ind.						Coll.		Ind.		Ind.		Ind.
	Puits forage (ind ou coll.)							Coll.							
Puissance Moteur	Petite : < 10 CV	07	08			09				08					
	Moyenne : 10 à 20 CV			16				19	16			18		18	
	Grande : > 20 CV				27		27				27		42		34
Situation vis-à-vis du réseau	Zone Bour														
	Bout du réseau	✓													
	Autre		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Taille exploitation	Petite : < 3 ha	1			3,1										
	Moyenne : 3 – 6 ha		4,3			4		4,3	4,5	4,5		5,4		5,4	5,6
	Grande : > 6 ha			6			6,1				7		13,9		
Profondeur de la nappe	Peu profonde : < 40 m		36			30	14	30		16		20	35	20	
	Profond : 40 – 80 m	60							65		63				
	Très profond : > 80 m			90	80										80
Production végétale	Oignon, niara, haricot							✓	Har						Oig,nio
	Olivier (ol), grenadier (gr)	Ol		Ol	Ol	✓			Ol	✓	✓	Ol	01	Ol	
	Mais, luzerne, bersim, fève	Lu	Lu	Lu	Lu	Lu	Lu, fève	Lu, ber	Lu	Lu	Ma, Lu	Ma, Lu	Fève	Ma, Lu	Lu
	Betterave				✓		✓				✓				✓
Situation du cheptel bovin et ovin	Blé tendre	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	petit : < 10 têtes de bovins	06		08		06	05	09			06				
	Moyenne : 10 – 30 têtes		16		10				16	13		15	10	15	30
	petit : < 15 têtes d'ovins	00	00	12	00		00	00		00	12	06	00	06	
Production laitière	Moyenne : 15 – 110 têtes					110			80						30
	petite : < 20 litres/jour	12	18	07	08	15	08	15	00						
Emigration	Moyenne : 20 à 50 l/jour									40	27	26	25	26	45
	Aucun enfant	1Esp						00					00		
	1 enfant			1 Esp	1 Esp							1 Esp		1 Esp	
	Au moins 2 enfants		4 Port			2 Ita	3 Ita	2 Esp		2 Ita	3 Esp				2 Ita

ANNEXE 3 : Calendriers des irrigations et de pompage

(Exploitation E1)

Calendrier d'irrigation

Exploitation E 1

R=réseau P=pompage pl=pluies

Débit réseau: 30 l/s ; 142 h d'irrigation 108 m3/h ; 20 tours d'eau															
		Cultures	blé tendre			olivier			luzerne			Total			
	pluies	Sup. (ha)	0,5			0,25			0,25			1			
Mois	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total
N	190	05/11/04	648		95			48			48	648	0	190	838
		28/11/04	648		0			0			0	648	0	0	648
D	373	19/12/04	432		187			93			93	432	0	373	805
J	393	31/01/05	1080		197			98			98	1080	0	393	1 473
F	237	27/02/05	432		119	216		59	216		59	864	0	237	1 101
M	158	17/03/05	864		79			40			40	864	0	158	1 022
		31/03/05			0	432		0	432		0	864	0	0	864
A	84	16/04/05	864		42			21			21	864	0	84	948
M		12/05/05				432		0	432		0	864	0	0	864
		16/05/05				162		0	162		0	324	0	0	324
		28/05/05				486		0	486		0	972	0	0	972
J		13/06/05				432		0	432		0	864	0	0	864
		29/06/05				378		0	378		0	756	0	0	756
J		22/07/05				378		0	378		0	756	0	0	756
A		03/08/05				378		0	378		0	756	0	0	756
		15/08/05				378		0	378		0	756	0	0	756
S	23	07/09/05				432		6	432		6	864	0	12	876
		17/09/05				432		0	432		0	864	0	0	864
O	671	04/10/05				324		168	324		168	648	0	336	984
		28/10/05				324		0	324		0	648	0	0	648
	2129	Total	4 968	0	718	5 184	0	532	5 184	0	532	15 336	0	1 782	17 118

Calendrier d'irrigation (Exploitation E2)

E 2

R= réseau P=pompage pl=pluies Matricule 0198												
Débit réseau 30 l/s ; 476 h d'irrigation ; 108 m3/h												
Mois	pluies m3	Cultures	blé tendre			luzerne			Total			
		Sup. (ha)	1,5			2,8			4,3			
		(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total
N	818	18/11/04	2160		285			438	2160	0	724	2 884
D	1605	19/12/04	1080		560			860	1080	0	1420	2 500
		23/12/04	1944		0			0	1944	0	0	1 944
J	1692	18/01/05			590			906	0	0	1497	1 497
F	1021	15/02/05	3240		356			547	3240	0	903	4 143
		25/02/05	3240		0			0	3240	0	0	3 240
M	681	19/03/05	2520		238	1 260		365	3780	0	602	4 382
A	360	02/04/05	4320		126			193	4320	0	318	4 638
		15/04/05			0	3 240		0	3240	0	0	3 240
M		09/05/05			0	2 700		0	2700	0	0	2 700
		17/05/05			0	2 592		0	2592	0	0	2 592
J		10/06/05			0	1 620		0	1620	0	0	1 620
		18/06/05			0	2 592		0	2592	0	0	2 592
J		05/07/05			0	2 700		0	2700	0	0	2 700
		13/07/05			0	2 160		0	2160	0	0	2 160
A		07/08/05			0	2 484		0	2484	0	0	2 484
		15/08/05			0	2 160		0	2160	0	0	2 160
S	98	03/09/05			34	1 944		53	1944	0	87	2 031
		11/09/05			0	1 944		0	1944	0	0	1 944
O	2884	02/10/05			1 006	2 160		1 545	2160	0	2551	4 711
		11/10/05			0	1 728		0	1728	0	0	1 728
Total	9 159	808 205	18 504	0	3 195	31 284	0	4 907	49 788	0	8 102	57 890

Calendrier d'irrigation Exploitation E3

Exploitation E3

R=réseau P=pompage matricule 3870

		Débit réseau: 30 l/s; 709 h d'irrigation 108m3/h														Débit pompage:							
		Cultures	blé tendre			luzerne			olivier			Total											
			2			2			2			6											
			Sup. (ha)																				
Mois	pluies (m3)	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total								
N	1 141	07/11/04	285			1 620			571			1 620			285			3240	0	1 141	4 381		
		29/11/04	1080			0			0			0			0			1080	0	0	1 080		
D	2 239	12/12/04	1080			560			1 120			560			1080			0	2 239	3 319			
		13/12/04	2592			0			0			0			2592			0	0	2 592			
J	2 361	25/01/05	4104			590			1 181			590			4104			0	2 361	6 465			
F	1 425	10/02/05	4104			356			713			356			4104			0	1 425	5 529			
M	951	28/03/05	2160			238			1 080			476			1 080			238	4320	0	951	5 271	
A	503	10/04/05	3456			126			1 728			252			126			5184			0	503	5 687
		21/04/05	0			2 268			0			0			2268			0	0	2 268			
		28/04/05	1309			0			0			655			0			1964			0	0	1 964
M		06/05/05				3 456			0			0			3456			0	0	3 456			
		18/05/05				2 304			0			1 152			0			3456			0	0	3 456
		29/05/05				3 240			0			0			3240			0	0	3 240			
J		14/06/05				378			0			378			0			756			0	0	756
		15/06/05				1 512			0			0			1512			0	0	1 512			
		30/06/05				1 728			0			1 728			0			3456			0	0	3 456
J		21/07/05				1 728			0			1 728			0			3456			0	0	3 456
		30/07/05				1 728			0			1 728			0			3456			0	0	3 456
A		06/08/05				702			0			702			0			1404			0	0	1 404
		14/08/05				540			0			540			0			1080			0	0	1 080
		16/08/05				1 728			0			1 728			0			3456			0	0	3 456
		25/08/05				1 728			0			1 728			0			3456			0	0	3 456
S	137	04/09/05				1 620			69			1 620			34			3240			0	103	3 343
		16/09/05				1 620			0			1 620			0			3240			0	0	3 240
O	4 024	03/10/05				1 728			2 012			1 728			1 006			3456			0	3 018	6 474
		18/10/05				972			0			0			972			0	0	972			
		27/10/05				1 836			0			1 836			0			3672			0	0	3 672
	12 781	Total	19 885	0	2 155	35 244	0	6 391	21 571	0	3 195	76 700	0	11 741	88 441								

Calendrier d'irrigation (Exploitation E 4)

E4

R = réseau

P = pompage PI = pluies

		Débit réseau : 20 l/s ; 477 heures d'irrigation ; 72 m3/h ; 32 tours d'eau															
Mois	pluies m3	Cultures superficie (ha)	blé tendre			betterave			luzerne			olivier			Total (m3)		
			1			0,5			1,3			0,3			3,1		
			R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	total
N	590	11/11/04			190	648		95			247			57	648	0	590
		27/11/04	1656		0			0			0			0	1656		0
D	1157	04/12/04			373	1 368		187			485			112	1368		1 157
		10/12/04	1728		0			0			0			0	1728		0
J	1220	26/01/05			394	1 728		197			512			118	1728		1 220
F	736	02/02/05	1584		237			119			309			71	1584		736
M	491	16/3/05			158	1 728		79			206			48	1728		491
		22/03/05	1944		0			0			0			0	1944		0
		28/03/05			0	1 392		0			0	696		0	2088		0
A	260	09/04/05	1104		84			42	552		109			25	1656		260
		17/04/05			0	768		0	384		0			0	1152		0
		23/04/05	2088		0			0			0			0	2088		0
		25/04/05	1008		0			0			0			0	1008		0
M		02/05/05				1 260		0	630		0	630		0	2520		0
		09/05/05				1 836		0	918		0	918		0	3672		0
		27/05/05				324		0	162		0	162		0	648		0
J		08/06/05				324		0	162		0	162		0	648		0
		15/06/05				324		0	162		0	162		0	648		0
		22/06/05				252		0	126		0	126		0	504		0
		29/06/05				252		0	126		0	126		0	504		0
J		07/07/05				324		0	162		0	162		0	648		0
		12/07/05				324		0	162		0	162		0	648		0
		22/07/05				252		0	126		0	126		0	504		0
		29/07/05				324		0	162		0	162		0	648		0
A		05/08/05							324		0	324		0	648		0
		18/08/05							540		0	540		0	1080		0
		29/08/05							324		0	324		0	648		0
S	71	05/09/05							540		30	540		7	1080		37
		14/09/05							540		0	540		0	1080		0
		27/09/05							288		0	288		0	576		0
O	2079	05/10/05						335	432		872	216		201	648		1 408
		26/10/05						0	432		0	216		0	648		0
	6604	Total	11112	0	1437	13428	0	1054	7254	0	2769	6582	0	639	38376	0	5899
																	44275

Calendrier d'irrigation et de pompage (Exploitation E5)

Calendrier d'irrigation

E 5

R=réseau

P=pompage

pl=pluies

Débit réseau: 30 l/s; 37 h						débit pompage: 16 l/s; 24 h/pompage; 560 h de pompage ;1150m3/pompage										
	pluies	Cultures superficie (ha)	grenadier			olivier			luzerne			Total				
			1			2			1			4				
Mois	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total	
N	761	10/11/04	1152			190	381			190			0	1 152	761	1 913
D	1493	20/12/04	373			216	747			373			216	0	1 493	1 709
J	1574	29/01/05	394			787			394			0	0	1 574	1 574	
F	950	22/02/05	238			475			238			0	0	950	950	
M	634	19/03/05	159			317			159			0	0	634	634	
A	335	04/04/05	216	1152	84	108	168			84			324	1 152	335	1 811
M		14/04/05		2304	0		0			0			0	2 304	0	2 304
		02/05/05		1152	0	162	576	0	162	576	0	324	2 304	0	2 628	
		18/05/05		1152	0	162	576	0	162	576	0	324	2 304	0	2 628	
		26/05/05		1152	0		0			162	0			162	1 152	0
J		02/06/05		1152	0	162	576	0	162	0			324	1 728	0	2 052
		21/06/05		1152	0	162	576	0		0			162	1 728	0	1 890
		28/06/05		1152	0		0				0			0	1 152	0
J		13/07/05		1152	0	216	576	0	162	576	0	378	2 304	0	2 682	
		26/07/05		1152	0	432	576	0		576	0	432	2 304	0	2 736	
A		09/08/05		1152	0	216	576	0	162	576	0	378	2 304	0	2 682	
		22/08/05		1152	0	162	0			162	0			324	1 152	0
S	91	05/09/05		1152	23	162	576	46	162	576	23	324	2 304	91	2 719	
		17/09/05		1152	0	162	576	0	162	576	0	324	2 304	0	2 628	
O	2683	02/10/05	671				576	1 342	1 728			671	0	2 304	2 683	4 987
		11/10/05	0				576	0	1 728			0	0	2 304	0	2 304
	8521	Total	216	18 432	2 130	2 322	6 336	4 261	1 458	7 488	2 130	3 996	32 256	8 521	44 773	

Calendrier d'irrigation et de pompage										Exploitation E 6			R=réseau P=pompage			pl=pluies			
			Calendrier d'irrigation			Débit réseau: 30 l/s ; 104 h d'irrigation ; 108 m3/h						débit pompage: 20 l/s ; 480 h de pompage 72 m3/pompage							
		Cultures	blé tendre			luzerne			betterave			fève			Total (m3)				
	pluies	Sup. (ha)	2,5			0,8			2			0,8			6,1				
Mois	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total	
N	1160	10/11/04			475			576	152			380		152	0	576	1 160	1 736	
D	2276				933				298			746		298	0	0	2 276	2 276	
J	2400				984				315			787		315	0	0	2 400	2 400	
F	1448	02/02/05	486	576	593			190	486	576	475		576	190	972	1 728	1 448	4 148	
		10/02/05			0			0		576	0		576	0	0	1 152	0	1 152	
		13/02/05			0			0		576	0		576	0	0	1 152	0	1 152	
M	967	10/4/05	486	576	396			576	127	486	576	317		576	127	972	2 304	967	4 243
		16/03/05	540	576	0			576	0	540	576	0	216	576	0	1296	2 304	0	3 600
		24/03/05	216	576	0			0	216		0		576	0	432	1 152	0	1 584	
A	511	01/04/05			209	280		576	67	864	576	168		576	67	1144	1 728	511	3 383
		09/04/05	562	576	0			576	0	562	576	0		576	0	1124	2 304	0	3 428
								576	0		576	0	1 152	0	0	2 304	0	2 304	
M	0	03/05/05				324		576	0	648	576	0		576	0	972	1 728	0	2 700
		10/05/05				360		0	720	576	0		576	0	1080	1 152	0	2 232	
		17/05/05						576	0	1 080	576	0		576	0	1080	1 728	0	2 808
		23/05/05						0		576	0			0	0	576	0	576	
		30/05/05						576	0		576	0			0	0	1 152	0	1 152
J	0	10/06/05						576	0			0		576	0	0	1 152	0	1 152
		18/06/05						576	0	1 080		0			0	1080	576	0	1 656
		27/06/05						576	0					576	0	0	1 152	0	1 152
J	0	05/07/05						576	0						0	0	576	0	576
		13/07/05						576	0				576	0	0	0	1 152	0	1 152
		21/07/05						576	0						0	0	576	0	576
		30/07/05						576	0						0	0	576	0	576
A	0	07/08/05						576	0						0	0	576	0	576
		15/08/05						576	0						0	0	576	0	576
		24/08/05						576	0						0	0	576	0	576
S	139	03/09/05						576	18						0	0	576	18	594
		11/09/05						576	0						0	0	576	0	576

O	4091	18/09/05						576	0						0	576	0	576
		27/09/05						576	0						0	576	0	576
		02/10/05						576	537						0	576	537	1 113
		11/10/05						576	0						0	576	0	576
		19/10/05						576	0						0	576	0	576
12993		Total	2 290	2 880	3 591	964	14 976	1 704	6 682	7 488	2 873	216	9 216	1 149	10 152	34 560	9 317	54 029

			Calendrier d'irrigation et de pompage						Débit réseau 20 l/s; 79 h d'irrigation; 72 m3/h						débit pompage: 15 l/s ; 1215 h de pompage; 8 h/pompage										
Exploitation E7		Cultures	blé tendre			oignon			haricot			niora			luzerne			bersim			Total				
	pluies	Sup. (ha)	1			0,5			1,3			0,3			0,9			0,3			4,3				
Mois	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total	
N	818	10/11/04	668	190		667	95		667	247		668	57		668	171		668	57		0	4 006	818	4 824	
	0	18/11/04		0		667	0		667	0		668	0		668	0		668	0		0	3 338	0	3 338	
D	1605			373			187			485			112			336			112		0	0	1605	1 605	
J	1692			393			197			512			118			354			118		0	0	1692	1 692	
F	1021	25/02/05	648	237			119			309			71			214			71		648	0	1021	1 669	
M	681	11/4/05	648	158		621	79			206		621	48			143		621	48		648	1 863	681	3 192	
		19/03/05		0		621	0		621	0		621	0		621	0			0		0	2 484	0	2 484	
		27/03/05		0		621	0			0		621	0			0		621	0		0	1 863	0	1 863	
A	360	02/04/05	576	84		816	42		816	109		816	25		288	75		816	25		864	3 264	360	4 488	
		15/04/05	480	0		816	0			0			0		240	0			0		720	816	0	1 536	
		23/04/05	336	0		816	0		816	0		816	0		168	0		816	0		504	3 264	0	3 768	
M		09/05/05				816	0		816	0		816	0		1008	0		816	0		1008	3 264	0	4 272	
		17/05/05				816	0			0			0		720	0			0		720	816	0	1 536	
		23/05/05				816	0		816	0		816	0			0		816	0		0	3 264	0	3 264	
J		10/06/05			576	624	0		624	0		620	0		610	0		600	0		576	3 078	0	3 654	
		18/06/05					0			0		623	0			0			0		0	623	0	623	
		27/06/05				624	0			0		620	0		610	0		600	0		0	2 454	0	2 454	
J		05/07/05				692	0		693	0		692	0		692	0		693	0		0	3 462	0	3 462	
		13/07/05					0			0			0		692	0			0		0	692	0	692	
		23/07/05				692	0		692	0		692	0		692	0		692	0		0	3 460	0	3 460	
A		07/08/05				711	0		712	0			0		712	0		713	0		0	2 848	0	2 848	
		15/08/05				711	0			0		712	0		712	0			0		0	2 135	0	2 135	
		24/08/05				711	0		712	0		712	0		712	0			0		0	2 847	0	2 847	
S	98	03/09/05				693	11		692	30		692	7		692	21		692	7		0	3 461	75,21	3 536	
		11/09/05					0			0			0		692	0			0		0	692	0	692	
		18/09/05				693	0		692	0		692	0		692	0		692	0		0	3 461	0	3 461	
O	2884	02/10/05				680	335		679	872		680	201		679	604		680	201		0	3 398	2213	5 611	
		11/10/05				680	0			0			0		679	0			0		0	1 359	0	1 359	
		19/10/05				680	0		679	0		680	0		679	0		680	0		0	3 398	0	3 398	
	9159	Total	2 688	668	1 437	576	16 284	1 065	0	11 394	2 769	0	13 878	639	2 424	11 502	1 917	0	11 884	639	5 688	65 610	8 466	79 764	

Débit pompage: 16 l/s 18 h/pompage et 1 pompage de 16h et de 15 h en octobre ; 571 h de pompage												débit réseau: 20 l/s; 187 h			
Exploitation E 8		Cultures	haricot			luzerne			olivier			Total			
	pluies	Sup. (ha)	1			2,5			1			4,5			
Mois	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total
N	856				190			476			190	0	0	856	856
D	1679				373			933			373	0	0	1 679	1 679
J	1771				394			984			394	0	0	1 771	1 771
F	1068	12/02/05	528	1037	237	528	1 037	593	528	1 037	237	1584	3 111	1 068	5 763
M	713	11/4/05		1037	158		1 037	396		1 037	158	0	3 111	713	3 824
A	377	01/04/05	108		84	54	1 037	209	54		84	216	1 037	377	1 630
		09/04/05	432		0	216	1 037	0	216		0	864	1 037	0	1 901
		15/04/05	540		0	270	1 037	0	270		0	1080	1 037	0	2 117
		23/04/05	432		0	216	1 037	0	216		0	864	1 037	0	1 901
M		01/05/05	756		0	378	1 037	0	378		0	1512	1 037	0	2 549
		03/05/05	540		0	270	1 037	0	270		0	1080	1 037	0	2 117
		16/05/05	324		0	162	1 037	0	162		0	648	1 037	0	1 685
		30/05/05	108		0	54	1 037	0	54		0	216	1 037	0	1 253
J		03/06/05	216		0	108	1 037	0	108		0	432	1 037	0	1 469
		10/06/05	288		0	144	1 037	0	144		0	576	1 037	0	1 613
		15/06/05	288		0	144	1 037	0	144		0	576	1 037	0	1 613
		24/06/05	288		0	144	1 037	0	144		0	576	1 037	0	1 613
		28/06/05	324		0	162	1 037	0	162		0	648	1 037	0	1 685
J		08/07/05	324		0	162	1 037	0	162		0	648	1 037	0	1 685
		16/07/05	288		0	144	1 037	0	144		0	576	1 037	0	1 613
		25/07/05	288		0	144	1 037	0	144		0	576	1 037	0	1 613
		30/07/05	288		0	144	1 037	0	144		0	576	1 037	0	1 613
A		02/09/05					1 037	0			0	0	1 037	0	1 037
		12/07/05					1 036	0			0	0	1 036	0	1 036
		22/05/05					1 037	0			0	0	1 037	0	1 037
S	103	18/09/05					1 036	57			23	0	1 036	80	1 116
		28/09/05					1 036	0			0	0	1 036	0	1 036
		28/09/05					1 036	0			0	0	1 036	0	1 036
O	3018	02/10/05					1 036	1 677			671	0	1 036	2 347	3 383
		12/10/05					921	0			0	0	921	0	921

	22/10/05					864		0	0			0	864	0	864
9585	Total	6 360	2 074	1 436	3 444	28 742	5 325	3 444	2 074	2 130	13 248	32 890	8 891	55 029	

Calendrier d'irrigation et de pompage
Exploitation E 9

R=réseau

P= pompage

pl=pluies

Débit réseau: 30 l/s; 154 h d'irrigation; 108 m3/h; 15 tours d'eau									Débit pompage: 20 l/s; 596 h de pompage; 23 pompage de 24h; 2 P de 10h et 3 P de 8h													
		Cultures	blé tendre			luzerne			grenadier			olivier			Total							
	pluies	superficie (ha)	1			2			1			0,5			4,5							
Mois	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total				
N	856	10/11/04			190			720			380			190			95	0	720	856	1 576	
		18/11/04			0			720			0			0			0	0	720	0	720	
D	1679	20/12/04			373						746			373			187	0	0	1 679	1 679	
J	1771	29/01/05	1512		394						787			864			394	197	1512	864	1 771	4 147
F	1068	22/02/05	1296		237						475			864			237	119	1296	864	1 068	3 228
M	713	19/03/05	1296		158						317			1 728			158	79	1296	1 728	713	3 737
A	377	04/04/05	648		84	324		864	168			864		84	324		864	42	1296	2 592	377	4 265
		20/04/05	1296		0				0			864		0			0	0	1296	864	0	2 160
M		06/05/05				340		864	0			1 728		0	340		864	0	680	3 456	0	4 136
		20/05/05				540		864	0			1 728		0	540		864	0	1080	3 456	0	4 536
J		03/06/05				432		864	0			1 728		0	432			0	864	2 592	0	3 456
		17/06/05				486			0			1 728		0	486		864	0	972	2 592	0	3 564
J		02/07/05				486		864	0			1 728		0	486		864	0	972	3 456	0	4 428
		26/07/05				540		864	0			1 728		0	540		864	0	1080	3 456	0	4 536
A		09/08/05				540		864	0			1 728		0	540			0	1080	2 592	0	3 672
		13/08/05				540			0			1 728		0	540		864	0	1080	2 592	0	3 672
S	103	06/09/05				540		864	46			1 728		23	540			11	1080	2 592	80	3 752
		28/09/05				540			0			1 728		0	540		864	0	1080	2 592	0	3 672
O	3018	02/10/05						864	1 341			1 728		671				335	0	2 592	2 347	4 939
		11/10/05						864	0			1 728		0				0	0	2 592	0	2 592
	9585	Total	6 048	0	1 436	5 308	10 080	4 260	0	25 920	2 130	5 308	6 912	1 065	16 664	42 912	8 891	68 467				

Exploitation E 10			Calendrier d'irrigation et de pompage						Débit réseau: 30 l/s ; 452 h ; 26 tours d'eau						Débit pompage: 25 l/s; 28 pompages de 20 h ; 2 pompages de 8 h									
	Cultures		blé tendre			betterave			luzerne			grenadier			olivier			maïs			Total			
	pluies	superficie	0,7			0,7			1,4			1,4			1,4			1,4			7			
Mois	(m3)	(ha)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total
N	1331	11/11/04	756	900	133	756		133			266		900	266							1512	1 800	799	3 312
D	2612	15/12/04	1 080	900	261	1 080		261			522		900	522							2160	1 800	1 567	3 960
J	2754	28/01/05	1 296		275	1 296		275			551		1 800	551							2592	1 800	1 652	4 392
F	1662	13/02/05	1 296		166	1 296		166			332		1 800	332			332				2592	1 800	1 330	4 392
		23/02/05	1 296		0	1 296		0			0		1 800	0			0				2592	1 800	0	4 392
M	1109	29/3/05			111	1 210		111			222	1 210	1 800	222	604		222				3024	1 800	887	4 824
A	587	08/04/05	1 008		59			59			117		1 800	117			117		117		1008	3 600	587	4 608
		10/04/05	1 728		0			0			0		1 800	0			0		0		1728	1 800	0	3 528
		20/04/05				648		0	504		0		1 800	0			0	648		0	1800	1 800	0	3 600
		24/04/05				648		0	864		0		900	0	324		0			0	1836	900	0	2 736
M		02/05/05				432		0	216	900	0	432	900	0			0			0	1080	1 800	0	2 880
		07/05/05				864		0			0			0	432		0	864		0	2160	0	0	2 160
		19/05/05				864		0	432	1 140	0	864	1 800	0			0			0	2160	2 940	0	5 100
J		01/06/05				617		0	309	1 140	0	617	1 260	0			0			0	1543	2 400	0	3 943
		08/06/05				519		0	258	1 140	0	519	1 260	0			0			0		2 400	0	
		16/06/05				154		0			0	154		0	78		0	154		0		0	0	
J		01/07/05				308		0	156	900	0	308	900	0			0	308		0	1296	1 800	0	3 096
		18/07/05							360	900	0	720	900	0	360		0	720		0		1 800	0	
		26/07/05							270	900	0	540	900	0	270		0	540		0	540	1 800	0	2 340
A		04/06/05							405	900	0	810	900	0	405		0				1620	1 800	0	3 420
		07/06/05							405	900	0	810	900	0	405		0				1620	1 800	0	
		17/06/05							405	900	0	810	900	0	405		0				1620	1 800	0	
		19/06/05							243	900	0	428	900	0	243		0				914	1 800	0	
		29/06/05							432	900	0	864	900	0	432		0				1728	1 800	0	
		31/06/05							540	900	0	1 080	900	0	540		0				2160	1 800	0	3 960
S	160	09/09/05							1 620	900	32			32	1 620	900	32				3240	1 800	96	5 040
		17/09/05							1 296	900	0			0	1 296	900	0				2592	1 800	0	4 392
O	4694	03/10/05						469	1 728	900	939			939	864	900	939				2592	1 800	3 286	4 392
		29/10/05						0	720	900	0			0	360	900					1080	1 800	0	2 880
	14909	Total	8 460	1 800	1 006	11 988	0	1 475	11 163	16 020	2 982	10 166	28 620	2 982	8 638	3 600	1 642	3 234	0	117	48 789	51 840	10 204	83 347

Calendrier d'irrigation et de pompage

Exploitation E11

			R=réseau			P=pompage			pl=pluies											
Débit réseau: 20 l/s ; 156 h d'irrigation ; 72 m3/h												Débit pompage: 15 l/s 322 h de pompage; 8 h/pompage								
		Cultures	blé tendre			betterave			olivier			luzerne			total (m3)					
	pluies	superficie (ha)		1		1						1			3					
Mois	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total		
N	571	10/11/04	720	432	190		667	190		432	190		432	190	720	1 963	761	2 683		
		18/11/04		432	0		667	0		432	0		432	0	0	1 963	0	1 963		
D	1120				373			373			373			373	0	0	1 493	0		
J	1180	26/01/05	720	324	393	720	432	393			393			393	1440	756	1 573	2 196		
F	712	25/02/05		324	237		394	237			237			237	0	718	949	718		
M	475	31/03/05	540	324	158	540	324	158			158			158	1080	648	633	1 728		
A	251	07/04/05	288	324	84			84			84	144		84	432	324	335	756		
		12/04/05		324	0	480		0	240		0		432	0	720	756	0	1 476		
		20/04/05	720	324	0			0			0			0	720	324	0	1 044		
		27/04/05	173		0	173		0			0	288	432	0	634	432	0	1 066		
M		13/05/05				576	432	0			0	144		0	720	432	0	1 152		
		27/05/05				348	432	0	122		0	86	432	0	556	864	0	1 420		
J		08/06/05				288	432	0	144	432	0			0	432	864	0	1 296		
		30/06/05				480	432	0	240	432	0			0	720	864	0	1 584		
J		06/07/05				288			144		0		648	0	432	648	0	1 080		
		13/07/05				346			192		0		648	0	538	648	0	1 186		
		28/07/05				360			360		0		648	0	720	648	0	1 368		
A		05/08/05							288	432	0	288	648	0	576	1 080	0	1 656		
S	69	03/09/05									23		648	23	0	648	46	648		
		11/09/05									0		648	0	0	648	0	648		
O	2012	02/10/05				576	432	671			671		648	671	576	1 080	2 012	1 656		
		11/10/05				432	432	0			0		648	0	432	1 080	0	1 512		
	6390	Total	3 161	2 808	1 436	5 607	5 076	2 107	1 730	2 160	2 130	950	7 344	2 130	11 448	17 388	7 803	28 836		

Calendrier d'irrigation et de pompage

Exploitation E 12

pl=pluies

R=réseau

P=pompage

Débit réseau: 30 l/s; 1140 d'irrigation						Débit pompage: 20 l/s ; 17pompages de 36h;22 pompages de 24h ; 1440 h de pompage									
		Cultures	blé tendre			fève			olivier			total (m3)			
Mois	pluies	Superficie (ha)	10			3			0,9			13,9			
	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total
N	2 644	10/11/04	3024	3024	1 902						171	3024	3 024	2 073	8 121
		18/11/04	3024	3024	0						0	3024	3 024	0	6 048
D	5 187	15/12/04	4320	4320	3 732			1 119			336	4320	4 320	5 187	13 827
		23/12/04	4320	4320	0			0			0	4320	4 320	0	8 640
J	5 470	18/01/05	2160	2592	3 935	2 160	2 592	1 181			354	4320	5 184	5 470	14 974
F	3 300	03/02/05	2160	2592	2 374	2 160	2 592	712			214	4320	5 184	3 300	12 804
		27/03/05	2160	2592	0	2 160	2 592	0			0	4320	5 184	0	9 504
M	2 203	02/03/05	2160	2592	1 585	2 160	2 592	475			143	4320	5 184	2 203	11 707
		15/04/05	2160	2592	0	2 160	2 592	0			0	4320	5 184	0	9 504
A	1 165	09/04/05	1728	2592	838	864	2 592	251			75	2592	5 184	1 165	8 941
		17/04/05	1728	2592	0	864	2 592	0			0	2592	5 184	0	7 776
M								0			0	0	0	0	0
J		10/06/05				1 728	1 728	0	1 728	1 728	0	3456	3 456	0	6 912
		18/06/05				1 728	1 728	0	1 728	1 728	0	3456	3 456	0	6 912
J		05/07/05				1 728	1 728	0	1 728	1 728	0	3456	3 456	0	6 912
		13/07/05				1 728	1 728	0	1 728	1 728	0	3456	3 456	0	6 912
A		07/08/05				1 728	1 728	0	1 728	1 728	0	3456	3 456	0	6 912
		15/08/05				1 728	1 728	0	1 728	1 728	0	3456	3 456	0	6 912
S	318	03/09/05				1 728	1 728	69	1 728	1 728	21	3456	3 456	89	7 001
		13/09/05					1 728	0		1 728	0	0	3 456	0	3 456
O	9 322	02/10/05				1 728	1 728	2 012	1 728	1 728	604	3456	3 456	2 616	9 528
		11/10/05				1 728		0	1 728		0	3456	0	0	3 456
	29 609	Total	28 944	32 832	14 366	28 080	33 696	5 820	15 552	15 552	1 917	72 576	82 080	22 103	176 759

Calendrier d'irrigation et de pompage

ANNEXE 2

Calendrier d'irrigation et de pompage

Exploitation E13

R=réseau

P=pompage

pl=pluies

Matricule: 2

Calendrier d'irrigation			débit réseau: 20 l/s 733 h d'irrigation; 72 m3/h										débit pompage: 20 l/s 12 h/pompage					
		Cultures	blé tendre			olivier			maïs			luzerne			Total (m3)			
	pluies	Sup. (ha)	1,1			1,5			0,8			2			5,4			
Mois	m3	(m3)	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total
N	1027	14/11/04	1728	432	209			285						380	1728	432	875	3 035
D	2015	02/12/05	3456	432	410			560						746	3456	432	1 716	5 604
J	2125	31/01/05	792		433	792		590				792	864	787	2376	864	1 810	5 050
F	1282	20/02/05	1368		261	1 368		356				1 368	864	475	4104	864	1 092	6 060
		26/02/05	1152		0	1 152		0			0	1 152	864	0	3456	864	0	4 320
M	856	01/03/05	612	864	174	864		238			127	612	864	317	2088	1 728	856	4 672
A	453	01/04/05	1224		92	1 224		126		432	67		864	168	2448	1 296	453	4 197
		08/04/05	960	864	0			0			0	480		0	1440	864	0	2 304
		13/04/05			0	816		0			0	1 632		0	2448	0	0	2 448
		21/04/05	864	864	0	864		0	864		0	864		0	3456	864	0	4 320
M		01/05/05				912		0	912	432	0	912	864	0	2736	1 296	0	4 032
		06/05/05				576		0	576		0	576		0	1728	0	0	1 728
		17/05/05				912		0	912	432	0	912	864	0	2736	1 296	0	4 032
J		01/06/05				816		0	816	864	0	816	864	0	2448	1 728	0	4 176
J		07/07/05				691	864	0	691		0	346	864	0	1728	1 728	0	3 456
		16/07/05				1 008		0				1 008		0	2016	0	0	2 016
		24/07/05				864	864	0					864	0	864	1 728	0	2 592
A		02/08/05				1 224	864	0				1 224	864	0	2448	1 728	0	4 176
		27/08/05				1 224	432	0				1 224	432	0	2448	864	0	3 312
S	123	09/09/05				864	432	34				864	432	46	1728	864	80	2 672
		17/09/05				864	432	0				864	864	0	1728	1 296	0	3 024
		28/09/05				1 224	432	0				1 224	432	0	2448	864	0	3 312
O	3621	14/10/05				864	432	1 006				864	432	1 341	1728	864	2 347	4 939
	11502	Total	12 156	3 456	1 580	19 123	4 752	3 195	4 771	2 160	194	17 734	12 096	4 260	53 784	22 464	9 229	85 477

Calendrier d'irrigation et de pompage

Exploitation E 14

Calendrier d'irrigation et de pompage

Débit réseau: 30 l/s; 1255 h; 72 m3/h d'irrigation						R=réseau; P=pompage; pl=pluies						Débit pompage : 15 l/s ; 73 pompages de 20 h ; 1460 h de pompage									
Mois	pluies m3	Cultures superficie (ha)	blé tendre			niora			oignon			luzerne			betterave			Total			
			1			2			1,1			1			0,5			5,6			
			R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	R	P	pl	total
N	1065	02/11/04			190			380			209	1 080	2 160	190			95	1080	2 160	1 065	4 305
		08/11/04			0			0			0	1 080	2 160	0			0	1080	2 160	0	3 240
		25/11/04	3384	2160	0			0			0			0			0	3384	2 160	0	5 544
D	2090	23/12/04	3456	3240	373			746			411			373			187	3456	3 240	2 090	8 786
J	2204	29/01/05			394			787			433			394			197	0	0	2 204	2 204
F	1330	03/02/05	2376	2160	238			475			261			238			119	2376	2 160	1 330	5 866
		07/02/05	2592	1080	0			0			0			0	2 592		0	5184	1 080	0	6 264
		14/02/05	2160	2160	0			0			0			0	2 160		0	4320	2 160	0	6 480
		28/02/05		2160	0			0			0			0	288		0	288	2 160	0	2 448
M	887	21/03/05	2268	2160	158			317			174			158	2 268		79	4536	2 160	887	7 583
		30/03/05	1404	2160	0			0			0			0	1 404	2 160	0	2808	4 320	0	7 128
A	469	01/04/05			84			168	2 448	2 160	92			84			42	2448	2 160	469	5 077
		11/04/05			0			0			0			0	3 096		0	3096	0	0	3 096
		20/04/05			0			0	2 976	1 080	0	1 488	2 160	0			0	4464	3 240	0	7 704
		25/04/05			0			0	1 944	1 080	0			0	1 944		0	3888	1 080	0	4 968
M		02/05/05	884	1080	0			0	884	1 080	0	444	1 080	0	884		0	3096	3 240	0	6 336
		13/05/05						0	1 440	1 080	0	720	1 080	0	1 440		0	3600	2 160	0	5 760
		26/05/05						0	1 843	1 080	0	922	1 080	0	1 843		0	4608	2 160	0	6 768
J		06/06/05						0			0	1 512	2 160	0	3 024		0	4536	2 160	0	6 696
		13/06/05						0			0	1 512	2 160	0	3 024		0	4536	2 160	0	6 696
		20/06/05						0			0	1 512	2 160	0	3 024		0	4536	2 160	0	6 696
		28/06/05						0			0	1 512	2 160	0	3 024		0	4536	2 160	0	6 696
J		05/07/05				2 640	2 160	0			0	1 320	1 080	0				3960	3 240	0	7 200
		08/07/05				384	1 080	0			0	192	1 080	0				576	2 160	0	2 736
		12/07/05				672	1 080	0			0	336	1 080	0				1008	2 160	0	3 168
		22/07/05				624	1 080	0			0	312	1 080	0				936	2 160	0	3 096

A	S	128	01/08/05	672 2 160 0			0	336 1 080 0									1008	3 240	0	4 248	
			05/08/05	576 1 080 0			0	288 1 080 0									864	2 160	0	3 024	
			15/08/05	1 296 1 080 0			0	648 1 080 0									1944	2 160	0	4 104	
			25/08/05	1 248 1 080 0			0	624 1 080 0									1872	2 160	0	4 032	
			07/09/05	1 296 1 440 46			25	648 1 440 23									1944	2 880	94	4 918	
			15/09/05	1 296 1 440 0			0	648 1 440 0									1944	2 880	0	4 824	
			27/09/05	672 1 440 0			0	336 1 440 0									1008	2 880	0	3 888	
			O	3756	03/10/05	576 1 080 1 341			738	288 1 080 671			335						864	2 160	3 085
	24/10/05	576 1 080 0			0	288 1 080 0			0						864	2 160	0	3 024			
	11929	Total	18524	18360	1437	12528	17280	4260	11535	7560	2343	18046	33480	2130	30015	2160	1054	90648	78840	11224	180712

ANNEXE 4 : Données météorologiques (Station Ouled Gnaou)

STATION	Ouled	Gnaou	Latitude	32,3075	Altitude	450	x =	96184.87	y =	190618.29			
Année	Tmoy	Tmax	Tmin	Hmx	Hmn	Pt Rosée	Rs	Vent,3m	Vent,2m	DirVent	Pluv	ET Bl_Cr	ETo Pen
Unité	°C	°C	°C	%	%	°C	MJ/m2	m/s	m/s	Deg	mm	mm/jour	mm/jour
2000	19	28	11	88,18	28,41	7,29	18,64	1,30	1,20	200,11	267	1536,42	1426,31
2001	20	29	12	86,06	34,37	7,74	19,71	1,42	1,30	205,15	158	1591,24	1235,27
2002	19	27	11	89,51	31,91	8,38	19,09	1,27	1,16	200,20	395	1496,04	1395,20
2003	20	28	12	90,76	34,00	8,93	18,65	1,29	1,18	192,44	338	1405,13	1258,53
2004	19	28	11	90,45	31,78	8,05	19,46	1,23	1,12	168,66	253	1993,92	1836,86
2005	20	28	11	89,96	22,97	6,56	21,55	1,35	1,24	177,83	234	1632,97	1643,79

STATION	Ouled	Gnaou	Latitude	32,3075	Altitude	450	x =	96184.87	y =	190618.29			
Mois de l'Année	Tmoy	Tmax	Tmin	Hmx	Hmn	Pt Rosée	Rs	Vent,3m	Vent,2m	DirVent	Pluv	ET Bl_Cr	ETo Pen
	C	C	C	%	%	C	MJ/m2	m/s	m/s	Deg	mm	mm/jour	mm/jour
janv.-05	8,10	18	0	100,60	35,57	0,46	13,41	0,89	0,82	79,63	39	75,54	83,91
févr.-05	9,24	17	2	96,07	36,58	1,19	14,41	1,20	1,10	110,48	24	44,32	55,73
mars-05	15,65	24	11	97,31	32,11	8,37	18,06	1,25	1,14	156,55	16	116,08	115,99
avr.-05	19,86	30	10	103,25	26,33	6,72	30,24	1,61	1,48	245,28	8	127,56	165,69
mai-05	22,90	33	13	80,31	19,22	7,75	28,86	1,59	1,46	227,72	0	175,17	193,54
juin-05	28,33	38	18	72,78	18,89	11,11	30,00	1,67	1,54	207,90	0	222,78	217,25
juil.-05	27,86	38	19	77,94	21,51	12,80	30,27	1,86	1,71	230,21	0	234,52	228,71
aout 05	29,36	39	19	77,82	14,84	11,23	27,77	1,67	1,53	244,85	0	234,81	215,20
sept.-05	24,41	33	16	81,46	19,75	9,09	23,38	1,36	1,25	238,21	2	161,33	149,36
oct.-05	21,36	29	14	92,93	16,40	7,80	17,25	1,12	1,03	198,49	67	134,07	106,81
nov.-05	14,08	22	8	96,83	20,41	2,89	13,43	1,06	0,98	133,47	43	75,81	63,61
déc.-05	10,58	18	5	102,28	14,00	-0,70	11,52	0,95	0,87	61,18	34	30,97	47,99
	19,31	28	11	89,96	22,97	6,56	21,55	1,35	1,24	177,83	234	1632,97	1643,79

ANNEXE 5 : Fiche d'enquête des exploitations

1. - Identification de l'Exploitant

DOUAR :	DATE ENQUETE :
NOM DU MOKADEM :	PERIMETRE :
NOM DU CHEF DE L'EXPLOITATION :	AGE : SEXE :
NIVEAU D'INSTRUCTION DU CHEF DE L'EXPLOITATION :	ANNEES RESIDENCE DANS LE DOUAR :
NBRE D'ENFANTS DU CHEF DE MENAGE :	NBRE MEMBRES DE L'EXPLOITATION :
Moyens de transport du chef de famille :	Moyen de transport depuis : ans

1.1 COMPOSITION DU MENAGE ET NIVEAU D'INSTRUCTION

Effectif	Sexe	Aucun	Alphabétisation	Coranique	Primaire	Secondaire	Supérieur	Total
Adultes	Masculin							
	Féminin							
Enfants	Masculin							
	Féminin							
Total	Masculin							
	Féminin							

1.2 TYPE DE LOGEMENT :

Logement : en Dur ☐ ; Mixte ☐ ; Autre ☐

Infrastructures : Eau potable ☐ ; Electricité ☐ ; Téléphone ☐ ; Assainissement ☐

MOYENS DE TRANSPORT (NBRE): ☐ ; Motocyclette ☐ ; Engins lourds ☐
VEHICULE LEGER

1.3 Relations extérieures

Etes-vous membre d'une organisation : Oui/Non

Association : Oui/Non

ou coopérative : Oui/Non ?

Si oui, laquelle ?

Etes-vous en contact avec les services de la DPA, ORMVAT , ABH ?

Si oui, quel type d'aide bénéficiez-vous des services ?

Services d'appui	Oui		Non	Raisons du contact
	régulièrement	rarement		
Centre du développement agricole				
Centre de Travaux				
Service de la production agricole				
Service d'aménagements				
Service d'enquête, de programmation et de suivi				
Centre de Recherche Agronomique du Tadla				
Centre de Gestion de Réseau				
Autres Services				

1.4 PATRIMOINE FONCIER DE L'EXPLOITANT

N°	Nom parcelle	Type de sol	Sup. (en ha)	Statut foncier	Mode de faire valoir	Copropriétaires		Acquisition		Bour ou irriguée
						Nbre	lien de parenté	Mode	Année	
1										
2										
3										
4										
5										
Total exploité										

II- Ressources en eau SOUTERRAINE

2.1 Variation de la profondeur de la nappe

Périodes	Avant 1950	1950 - 1970	1970 - 1990	1990 - 2005
Profondeur de la nappe (en mètres)				

2.2 Historique de l'utilisation de l'eau souterraine

Sources		Puits	Forages	Puits - forages	Réseau	Autres
Nom local						
Années d'existence						
Qualité de l'eau pour l'irrigation	Bonne					
	Moyen					
	Mauvaise					
Profondeur puits/forage (m)						
Profondeur de l'eau (m)						
Débits de pompage (en l/s)						
Diamètre (en cm)						
Coût réalisation (Dh)						
Année de réalisation						

2.3 Evolution de l'utilisation de l'eau souterraine au niveau de l'exploitation

Comment voyez-vous l'évolution des ressources en eaux souterraines au niveau de l'exploitation ?

Elles augmentent rapidement ☐ ; elles augmentent moyennement ☐ ; elles augmentent lentement ☐

Elles diminuent rapidement ☐ ; Elles diminuent moyennement ☐ ; Elles diminuent lentement ☐

Elles varient beaucoup ☐ ; Elles varient très peu ☐ ; Elles sont intactes ☐

2.4 Ressources en eau

Nombre	Fonctionnel	Années existance	Abandonnés/ Non fonctionnel	Observations	Total	Accès individuel	Accès collectif
Puits							
Forages							
Puits-forages							
Pompes							
Autres							
Total							

2.5 Puits et forages fonctionnels

N° puits	Profondeur puits en m	Profondeur d'eau en m	Débit de pompage m³/h	Temps Vidange (h)	Temps Remplissage (h)	Sup. Irriguée (ha)	Date réalisation	COUT DE REALISATION (Dh)	Surcreusement	
									Nbre de fois	Prof totale en m

2.6 Puits et forages abandonnés

N°	Date réalisation	Date abandon	Raisons d'abandon	Remplacement	Superf. irriguée abandonnée (ha)	Observation

2.7 Groupes motopompe

Groupe	Marque	Puissance (Kw)	Débit m³/h	Acquisition		Durée service	Entretien Dh/an	Fonctionnel ou abandonné
				Date	Coût (Dh)			
Diesel à axe horizontal								
Diesel à axe vertical								
Pétrolette								
Electrique à axe vertical								
Autre groupe								

2.8 Système de stockage d'eau

Stockage (m³)	Réservoir	Bassin	Autre	Pas de stockage
Nombre				
Volume (m³)				
Temps (en mois)				

2.9 Equipements d'irrigation

Equipement	Profondeur (m)	Débit (en l/s)		Groupe /pompe			
		Disponible	Exploité	Type d'engin	Débit (l/s)	HMT(m)	Puissance (Kw)
Puits							
Forages							
Autres							

2.10 Eau (souterraine) utilisée à l'échelle de l'exploitation

Durée de pompage (h/ha) :
 Carburant utilisé (l/h/ha, l/h ou l/ha) :
 Huile utilisée (l/h/ha, l/ha ou l/ha) :
 Type lubrifiants utilisés (l/h/ha, l/h ou l/ha) :
 Volume d'eau pompée (m³/h/ha, m³/h ou m³/ha) :
 Débit en tête parcelle (m³/h) :
 Débit en bout de parcelle (m³/h) :

2.11 Coût de l'investissement :

Coût du creusement (Dh) :
 Coût construction abris (Dh):
 Prix achat pompe (ou moteur) :
 Puissance (en CV) :
 Prix du carburant et lubrifiant (gas-oil et huiles) :
 Consommation du moteur (l/CV) :
 Entretien et maintenance :
 Réparations et pièces de rechange :
 Coût total :
 Amortissement (10% du coût total) :
 consommation du moteur = $P_{cse} \times CV \times \text{consommation (l/CV. h)} / (\text{débit exploitation (l/h)} \times 3600s \times 10^{-3} l)$

2.12 Mode d'utilisation de l'eau pour l'irrigation

Depuis combien d'années recourez-vous à l'eau souterraine pour irriguer ?
 Quelles sont les raisons qui vous ont incité/motivé à recourir à l'eau souterraine pour irriguer :

Difficultés majeures rencontrées durant l'exploitation, l'utilisation ou la gestion de l'eau souterraine:

Qualité de l'eau :
 Nature des sols :
 Type de pollution :
 Nappe :
 Puits ou forages :
 Creusement :
 Dispositif de pompage :
 Réseau d'irrigation :
 Cultures :
 Pourquoi d'après vous les autres ne sont pas intéressés par l'irrigation à partir de l'eau souterraine :

2.13 Conflits générés par l'exploitation ou l'utilisation de l'eau souterraine

Niveau du conflit	Type de conflit	Période de conflit	Nbre persnes impliquées	Procédé de résolution
Ménage de l'exploitant				
Avec d'autres exploitants d'eau souterraine				
Avec les exploitants d'eau de surface				
Au niveau du réseau				
Avec groupe				

d'utilisateurs				
Autres conflits d'utilisation de l'eau				
Autres conflits de gestion de l'eau				

2.14 Ressources en eau utilisée pour l'irrigation

Origine de la ressource	Mobilisation de l'eau		Caractéristique de l'eau		
	Mode	Hauteur de pompage (m)	Disponibilité	Accessibilité	Qualité

2.15 Raisons du recours à l'eau souterraine

Raisons principales	Facile/simple/bon	Moyen/modéré	Difficile/contraignant/cher
Accessibilité pour l'exploiter			
Coût d'exploitation			
Coût dispositif de pompage			
Coût du forage			
Qualité de l'eau pour les cultures			
Gestion autonome de l'eau			
Gestion difficile entre groupe d'utilisateurs			
Type pollution de l'eau de surface			
Insuffisance de l'eau de surface			

2.16 Evolution coût du m³

Prix de revient du m ³ d'eau pompé				Prix souhaité		Observations
Actuellement		L'an dernier				
Dh/m ³	Dh/ha	Dh/m ³	Dh/m ³	Dh/ha	Dh/ha	

2.17 Préférence en matière d'eau d'irrigation

Préférence en fonction de :	Eau souterraine		Eau de surface		Autres	
	Préférence Oui/Non	Indifférent	Préférence Oui/Non	Indifférent	Préférence Oui/Non	Indifférent
Coût de mobilisation						
Exploitation de l'eau						
Utilisation de l'eau						
Gestion individuelle (eau)						
Gestion collective (eau)						
Situation au bout du réseau						
Tour d'eau (pour irrigation)						
Cultures :						
Autres						

III - PRODUCTION VEGETALE

3.1 Matériels et moyens de production

Matériels de	Type matériel	Fonctionnel	Motorisé	Age matériel	Mode d'acquisition/accès				
		Oui/Non	Oui/Non		Achat (Dh)	Don	Prêt	Collectif	Autre
Semis									
Labour									
Récolte									
Pdts phyto									
Engrais									
Autre intrant									
Transport									
Autres									

3.2 Filière de production

Que pensez vous du crédit agricole ?

Pourquoi ne recourez-vous pas au crédit ?

Crédit agricole bénéficié cette année (2005) :

Raisons du prêt :

Domaines d'investissement du crédit :

Quelles étaient vos garanties ?

Pouvez vous évaluer cet investissement ?

3.3 Raisons du prêt et difficultés rencontrées

Crédit agricole	Source de crédit			Raisons de prêt	Domaines d'investissement	Difficultés rencontrées
	Familial	Collectif	Autre			
2000 - 2001						
2001 - 2002						
2002 - 2003						
2003 - 2004						
2004 - 2005						

3.4 Matériels agricoles

Désignation	Nombre	Date acquisition	Source de financement (en Dh)					
			Achat	Don	Prêt	Groupe	Famille	Autre
Tracteur / Remorque ⁽¹⁾								
Moissonneuse Batteuse ⁽¹⁾								
Faucheuse ⁽¹⁾								
Ensileuse ⁽¹⁾								
Botteleuse ⁽¹⁾								
Charrue à disque/ à soc ⁽²⁾								
Semoir ⁽²⁾								
Epandeur d'engrais ⁽²⁾								
Atomiseur/ Pulvérisateur ⁽²⁾								
Herse ⁽²⁾								
Cover-crop ⁽²⁾								
Camion/Pick-up								
Autres								

N.B : (1) Gros matériels agricoles ; (2) petits matériels agricoles

3.4 Fiche répartition de l'eau d'irrigation

Matricule parcelle :				Type de cultures :		
Volume d'eau pompée	Date	Débit (l/h)	Durée (h/ha)	Vol. total (l ou m³)	Temps entre 2 arrosages (h)	
Eau pompage						
Eau de complément	Réseau					
	Canal					
	Autre					
Total						

Matricule parcelle :				Type de cultures :		
Eau pompage						
Eau de complément	Réseau					
	Canal					
	Autre					
Total						

Matricule parcelle :				Type de cultures :		
Eau pompage						
Eau de complément	Réseau					
	Canal					
	Autre					
Total						

Matricule parcelle :				Type de cultures :		
Eau pompage						
Eau de complément	Réseau					
	Canal					
	Autre					
Total						

3.5 Rendement

N° Parcelle	Culture	Production	Rendement (kg/ha)	Vente			Observation
				Qté (t,q ou Kg)	P.U	P Total	

3.6 Temps d'arrosage au niveau des parcelles

Cultures		Parcelle		Débit (l/s)	Durée (h/ha)	Tps entre 2 arrosages h/ha)	Rendmt (q/ha)	Observations
		N°	Sup. (ha)					
Céréales	Blé précoce							
	Blé tardif							
	Mais							
	Orge							
	Autres							

Arboriculture	Agrume							
	Amandier							
	Olivier							
	Vigne							
	Autres							
Légumineuse	Fève							
	Petit pois							
	Lentilles							
	Autres							
Fourrages	Avoine							
	Bersime							
	Luzerne							
	Autres							
Marâchers	Haricot							
	Oignon							
	PDT							
	Tomate							
	Autres							
Autres	Betterave							
	Coton							
	Autre							

3.7 Parcelles irriguées à l'eau souterraine (forage/pompage)

Cultures		Parcelle		Eau du réseau				Eau du canal				Observations
		N°	S.(ha)	Débit (l/s)	Durée (h/ha)	Tps entre 2 arsges (h/ha)	Rendmt (q/ha)	Débit (l/s)	Durée (h/ha)	Tps entre 2 arsges (h/ha)	Rdmt (q/ha)	
Céréales	Blé précoce											
	Blé tardif											
	Mais											
	Orge											
	Autres											
Arboriculture	Agrume											
	Amandier											
	Olivier											
	Vigne											
	Autres											
Légumineuse	Fève											
	Petit pois											
	Lentilles											
	Autres											
Fourrages	Avoine											
	Bersime											
	Luzerne											
	Autres											
Mar	Haricot											
	Oignon											

Autres	PDT											
	Tomate											
	Autres											
	Betterave											
	Coton											
	Autre											

3.8 Recours au crédit/prêt ces 5 dernières années

Période du crédit ou prêt	Montant (DH)	Objet et utilisation du crédit/prêt	Date	Organisme prêteur	Montant de l'intérêt	Conditions du prêt
2000 - 2001						
2001 - 2002						
2002 - 2003						
2003 - 2004						
2004 - 2005						

3.9 Sources de financement de la production agricole

Type de réalisation	Financement		Sources de financement						
	Année	Montant	Moyens propres	Crédit agricole	Autre crédit	Emprunt familial	Emprunt particulier	Subvention	Autres
Parcelle/terrain									
Semences									
Production									
Labour									
Récolte									
Transport									
Conservation									
Commercialisé ^o									
Équipement forages/puits									
Groupe Motopompes									
Bassin									
Conduite d'aménée									
Matériel d'irrigation									
Autres									

3.10 Revenus extérieurs à l'exploitation

Origine du revenu	Montant (Dh)	Période	Fréquence	Utilisations

3.11 Evaluation de la main d'œuvre

Ressource en eau	Durée irrigation (h/ha)	Coût main d'œuvre (Dh/h)	Superficie irriguée (ha)	Coût total (Dh)
Forage				

Forage + réseau				
Réseau seul				
Autres				
Total				

3.12 CARACTERISATION DE L'EXPLOITATION

Cultures irriguées		Superficie exploitation (ha)		Eau pompée (campagne 2004/2005)	
		SAU	Superficie totale	Volume (en l ou m ³)	Coût (Dh)
Par l'eau souterraine	Blé précoce/tardif				
	Orge				
	Betterave				
	Coton				
	Luzerne				
	Autres fourrages				
	Olivier				
	Agrume				
	Tomate				
	Oignon				
	PDT				
	Haricot				
	Autres				
	Total (ha)				
Par l'eau du réseau (surface)	Blé précoce/tardif				
	Orge				
	Betterave				
	Coton				
	Luzerne				
	Autres fourrages				
	Olivier				
	Agrume				
	Tomate				
	Oignon				
	PDT				
	Haricot				
	Autres				
	Total (ha)				
Par l'eau du canal (surface)	Blé précoce/tardif				
	Orge				
	Betterave				
	Coton				
	Luzerne				
	Autres fourrages				
	Olivier				
	Agrume				
	Tomate				
	Oignon				
	PDT				
	Haricot				
	Autres				
	Total (ha)				

3.13 Destination de la production irriguée

Culture	Production (q)	Auto consommation			Vente			
		Humaine	Animale	Semences	Qté (q)	Prix (Dh)	Période	Lieu (*)

(*) : Souk local (1) ; souk provincial (2)

3.14 Rationalisation de l'eau d'irrigation

N° Parcelles	Volume total (m ³ /ha/an)				Ratio (pompe/réseau)
	Eau pompée	Eau du réseau	Autre eau	Total	
Total exploitation					

3.15 Période d'irrigation et investissement

Espèce végétale	Eau pompée		Eau de surface		Eau totale	
	Volume total	Coût	Volume total	Coût	Volume total	Coût

3.16 Irrigation

Irrigation	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jt	Aôut	Sept	Total
Nombre													
Débit (l/s)													
Temps moyen par irrigation (h/ha)													

3.17 Dépenses d'investissement

Rubrique		Dépenses (Dh/an)		Observations
		L'an dernier	Cette année	
Irrigation carburant	Eau souterraine			
	Eau réseau			
	Eau canal			
	Autre			
	Main d'oeuvre			

Pompage	Achat/prêt /location			
	Carburant			
	lubrifiant			
	Entretien/réparation			
	Main d'oeuvre			
Main d'oeuvre	Semis			
	Labour			
	Traitement			
	Récolte			
	Transport			
Coût des produits	Semences			
	Phytosanitaires			
	Engrais			
	Intrants			
	Autres			
Autres coûts	Parcelle			
	Transport			
	Autres			
Total				

IV – PRODUCTION ANIMALE

1.Effectif dans l'année

Cheptel	Vaches mères			Total			Ovins		Caprins		Volailles
	Locales	Croisées	Pures	Locales	Croisées	Pures	Brebis mères	Total	Chèvres mères	Total	
Effectif total											
Naissance ds l'année											

2. Production animale

Espèce	Stock actuel	Stock l'an dernier	Nbre nouveaux nés/an	Nbre vendu	Prix de vente (Dh/tête)	Prix total (Dh)
Vaches						
Taureaux						
Veaux						
Génisses						
Ovins						
Caprins						
Volailles						
Autres						
Total						

3. Commercialisation des sous-produits

Produits	Unité	Qté vendue	P.U	P total	Lieu de vente (marché)			Période	Recettes (Dh/an)
					Local	Province	Autre		
Viande	T/an								
Laine	l/an								
Lait	Kg/an								

Beurre et smène	Kg/an								
Fromage	Kg/an								
Œufs	U/an								
Autres									

4. Destination de la production animale

Espèce	Effectif	Auto consommation			Vente				Lieu de vente		
		Hum	Agric.	Reproduct°	Qté (q)	Prix (Dh/u)	P.T	Période	Local	Prov.	Autre

4.9 Evolution de la production animale

Désignation		Unité	Production avant			Production actuelle			Observations
			P.U (Dh)	Qté	Valeur (Dh)	P.U (Dh)	Qté	Valeur (Dh)	
Viande	Bovine								
	Ovine								
	Caprine								
	Autres								
	Total								
Sous-produits	Laine								
	Lait								
	Poils								
	Beurre								
	Autres								
	Fromage								
	Œufs								
	Total								

V – AVIS ET OPINIONS DE L'EXPLOITANT

5.1 Préoccupations et attentes des exploitants

5.2 Fonctionnement de l'exploitation

Activités		Description de la situation		Tendance évolution (future)			
		Avant irrigation	Actuelle (pdt irrig)	Augmentation	Stabilité	Baisse	Aucune idée
Main d'oeuvre	Familiale						
	Rémunérée						
Superficie irriguée							
Matériels agricoles	Gros matériels						
	Petits matériels ⁽²⁾						
Nombre de puits	Recreusés						
	Non recreusés						
	Abandonnés						
Nombre forages	Mis en place						
	Abandonnés						

SUIVI DES EXPLOITATIONS

1. Historique de l'utilisation de l'eau souterraine

Sources		Puits	Forages	Puits - forages	Réseau	Autres
Nom local						
Années d'existence						
Exploitation indiv ou collec						
Qualité de l'eau pour l'irrigation	Bonne					
	Moyen					
	Mauvaise					
Profondeur puits/forage (m)						
Profondeur de l'eau (m)						
Coût du creusement (Dh/m)						
Diamètre (en cm)						
Débits de pompage (en l/s)						
Energie de fonctionnement ¹						
Coût réalisation (Dh)						
Année de réalisation						

1 : carburant (gasoil), butane ou électricité

2. Ressources en eau

Nombre	Fonctionnel	Années existence	Abandonnés/ Non fonctionnel	Observations	Total	Accès individuel	Accès collectif
Puits							
Forages							
Puits-forages							
Autre							
Total							

3. Groupes motopompe

Groupe	Marque ¹	Type et axe rotat°	Puissance (Kw)	Débit m³/h	Acquisition		Coût (Dh/an)		Consommation		
					Année	Coût (Dh)	Réparation	Entretien	l/h	h/jr	Dh/l
Moteur											
Pompe											
Autre											

1 : diesel à axe vertical ou horizontal, pétrole, électrique à axe vertical etc.

4. Equipements d'irrigation

Equipement	Profondeur (m)	Débit (en l/s)		Groupe /pompe			
		Disponible	Exploité	Type d'engin	Débit (l/s)	HMT(m)	Puissance (Kw)
Puits							
Forages							

5. Eau (souterraine) utilisée à l'échelle de l'exploitation

Durée de pompage (h/ha) :
Carburant utilisé (l/h/ha, l/h ou l/ha) :
Huile utilisée (l/h/ha, l/ha ou l/ha) :
Type lubrifiants utilisés (l/h/ha, l/h ou l/ha) :
Volume d'eau pompée (m³/h/ha, m³/h ou m³/ha) :
Débit en tête parcelle (m³/h) :
Débit en bout de parcelle (m³/h) :

6. Coût de l'investissement :

Coût du creusement (Dh) :
Coût construction abris (Dh):
Prix achat pompe (ou moteur) :
Puissance (en CV) :
Prix du carburant et lubrifiant (gas-oil et huiles) :

Consommation du moteur (l/CV) :
Vidange :
Entretien et maintenance :
Réparations et pièces de rechange :
Consommation (carburant, butane ou électricité) :

Coût total :
Amortissement (10% du coût total) :
consommation du moteur = $P_{cse} (x \text{ CV}) * \text{consommation (l/CV. h)} / (\text{débit exploitation (l/h)} * 3600s * 10^{-3} l)$

8. Mode d'utilisation de l'eau pour l'irrigation

Depuis combien d'années recourez-vous à l'eau souterraine pour irriguer ?
Quelles sont les raisons qui vous ont incité/motivé à recourir à l'eau souterraine pour irriguer :
.....
.....
.....

9. Difficultés majeures rencontrées durant l'exploitation, l'utilisation ou la gestion de l'eau souterraine :

- Qualité de l'eau :
- Nappe (type pollution ?) :
- Puits ou forages :
- Creusement :
- Dispositif de pompage :
- Réseau d'irrigation :
- Cultures :

Pourquoi d'après vous les autres ne sont pas intéressés par l'irrigation à partir de l'eau souterraine :
.....
.....